الأحيـــاء

الجزء الخاص بالشرح



2021
الامتحان

محتويات الكتاب

البيولوچيا الجزيئية

الفصل 1

الحمض النووى DNA والمعلومات الوراثية.



الدرس الأول	جهود العلماء لمعرفة المادة الوراثية للكائن الحى.
الدرس الثانى	الحمض النووى DNA
الدرس الثالث	• DNA فى أوليات وحقيقيات النواة. • تركيب المحتوى الچينى. • الطفرات.

الفصل 2

الأحماض النووية وتخليق البروتين.



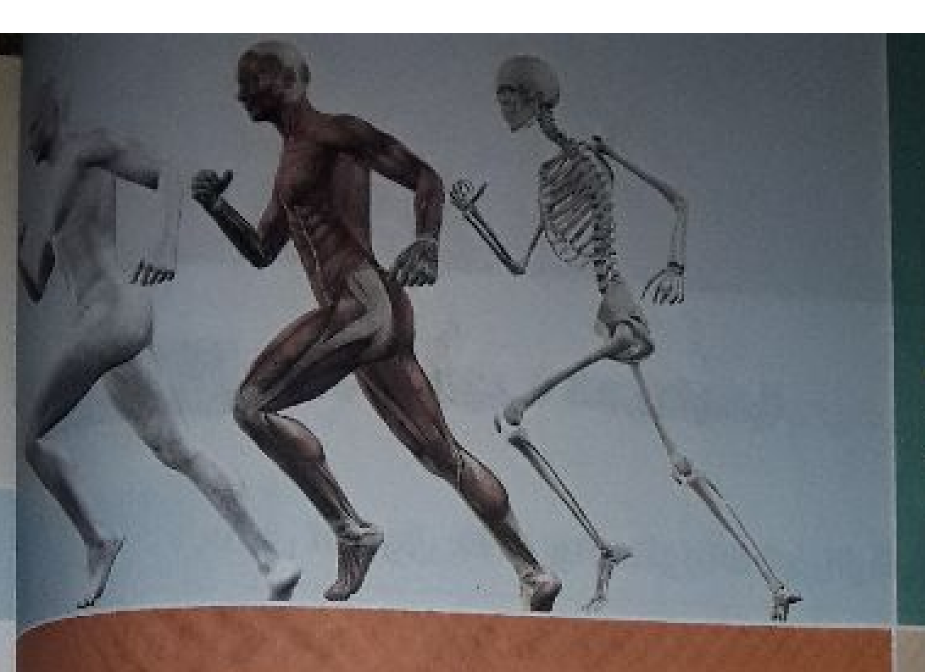
الدرس الأول	RNA وتخليق البروتين.
الدرس الثانى	التكنولوچيا الجزيئية «الهندسة الوراثية».

تنويه

يمكنك الاطلاع على الأجزاء التى لم يتم دراستها من منهج الفصل الدراسى الثانى للعام السابق من خلال مسح **QR Code** المقابل.







الباب الأول

التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل 1 الدعامة والحركة فى الكائنات الحية

الدرس الأول الدعامة فى الكائنات الحية.

الدرس الثانى الحركة فى الكائنات الحية.

أهداف الفصل :

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يقارن بين الدعامة الفسيولوجية والدعامة التركيبية.
- يتعرف مكونات الجهاز الهيكلى فى الإنسان.
- يتعرف تركيب الهيكل العظمى فى الإنسان.
- يذكر أنواع المفاصل.
- يتعرف وظيفة كل من المفاصل والغضاريف والأربطة والأوتار.
- يفسر سبب التفاف المحاليق حول الدعامة.
- يفرق بين الشد فى المحاليق وفى جذور الكورمات والأبصال.
- يوضح التآزر بين الأجهزة الثلاثة «الهيكلى والعصبى والعضلى».
- يذكر وظائف الجهاز العضلى فى الإنسان.
- يتعرف تركيب العضلة.
- يفسر آلية الحركة.
- يتعرف الوحدة الحركية التى تعتبر الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية.
- يفسر سبب إجهاد العضلة.
- يكتسب مهارة :
  - التعبير بالرسم مثل رسم الفقرة العظمية.
  - الفحص المجهرى لحركة السيتوبلازم فى خلايا ورقة نبات الإيلوديا.
  - الربط بين التركيب والوظيفة فى الهيكل العظمى والجهاز العضلى.



الفصل 1 الدرس الأول

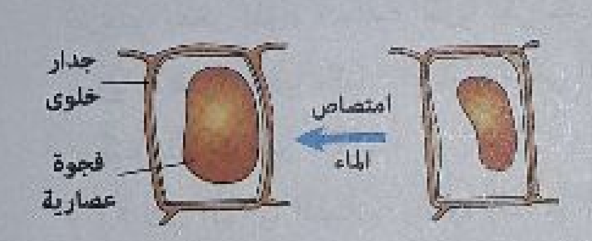
الدعامة فى الكائنات الحية

الدعامة فى النبات

* يحتوى النبات على وسائل وأجهزة دعامية تدعمه وتحافظ على شكله وتقيه، وقد يكون ذلك بإحدى الوسيلتين الآتيتين :

أولًا الدعامة الفسيولوجية

* هى دعامة تتناول الخلية نفسها ككل وتتم كالتالى :



- يدخل الماء بالخاصية الأسموزية إلى الفجوة العصارية للخلية.
- فيزيد حجم العصير الخلوى ويضغط على البروتوبلازم ويدفعه للخارج نحو الجدار.
- فيتمدد الجدار لزيادة الضغط الواقع عليه،

وبذلك تنتفخ الخلية وتصبح ذات جدار متوتر ومن ثم تكتسب الدعامة.

* أمثلة :

١ انتفاخ (كبر حجم) ثمار الفاكهة المنكمشة (أو الضامرة) عند وضعها فى الماء لفترة نتيجة لامتصاصها الماء بالخاصية الأسموزية.

٢ انكماش وضمور (زوال انتفاخ وتوتر) بعض البذور الغضة كالبسلة والفول عند تركها لمدة نتيجة لفقد خلاياها للماء.

٣ ذبول وارتخاء سوق وأوراق النباتات العشبية عند جفاف التربة لزوال انتفاخ خلاياها نتيجة فقدها للماء فتزول الدعامة الفسيولوجية.

جفاف التربة

٤ استقامة سوق وأوراق النباتات العشبية عند رى التربة لانتفاخ خلايا أنسجتها الداخلية عند دخول الماء إلى فجوتها العصارية بالخاصية الأسموزية.

* تعتبر الدعامة الفسيولوچية دعامة **مؤقتة** حيث إنها تعتمد على امتلاء الخلية بالماء وعند فقد هذا الماء تضعف أو تزول هذه الدعامة.

★ **مما سبق يمكن تعريف الدعامة الفسيولوجية على أنها :**

الدعامة الفسيولوچية

دعامة مؤقتة تتناول الخلية نفسها ككل وذلك بدخول الماء لخلايا النبات بالخاصية الأسموزية فتنتفخ وتصبح ذات جدار متوتر فيكتسب النبات الدعامة.

ثانيًا الدعامة التركيبية

* **هى دعامة تتناول جدر الخلية أو أجزاء منها وتتم كالتالى :**

تترسب بعض المواد الصلبة القوية على جدر خلايا النبات أو فى أجزاء منها، **وذلك لـ :**

- زيادة قدرة خلايا النبات الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية.
- منع فقد الماء من خلالها.
- إكساب الخلايا الصلابة والقوة (تدعيم النبات).

* **أمثلة :**

١ زيادة سُمك جدر خلايا البشرة (خاصةً الخارجية منها).

٢ ترسيب النبات لمادة الكيوتين غير المنفذة للماء على جدر خلايا البشرة.

٣ ترسيب النبات لمادة السليلوز أو اللجنين على جدر خلاياه أو أجزاء منها، مثل الخلايا الكولنشيمية والخلايا الإسكلرنشيمية (مثل الألياف والخلايا الحجرية) ليكسبها صلابة وقوة كما أن موقع هذه الخلايا وأماكن تواجدها وانتشارها يدعم النبات.

٤ إحاطة النبات لنفسه بطبقة من خلايا فلينية غير منفذة للماء مرسب فيها مادة السيوبرين.

* تعتبر الدعامة التركيبية دعامة **دائمة** حيث إنها تعتمد على ترسيب بعض المواد كالسليلوز واللجنين والسيوبرين والكيوتين على جدر الخلايا أو فى أجزاء منها مما يكسبها الصلابة والقوة ويحافظ على أنسجة النبات الداخلية ويمنع فقد الماء من خلالها.

★ **مما سبق يمكن تعريف الدعامة التركيبية على أنها :**

الدعامة التركيبية

دعامة دائمة تتم بترسيب بعض المواد كالسليلوز واللجنين والكيوتين والسيوبرين على جدر الخلايا أو فى أجزاء منها لكى تتحمل خلايا النبات الخارجية مسئولية الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية وتمنع فقد الماء من خلالها.

* **مقارنة بين الدعامة الفسيولوچية والدعامة التركيبية كالتالى :**

الدعامة الفسيولوچية	الدعامة التركيبية
* تعتمد على دخول الماء بالخاصية الأسموزية إلى الفجوات العصارية لخلايا النبات.	* تعتمد على ترسيب بعض المواد الصلبة كالسليلوز واللجنين والكيوتين والسيوبرين على جدر الخلايا أو أجزاء منها.
* دعامة مؤقتة لأنها تعتمد على امتلاء الخلية بالماء وعند فقد هذا الماء تزول هذه الدعامة.	* دعامة دائمة لأنها تعتمد على ترسيب مواد صلبة على جدر الخلايا أو أجزاء منها مما تكسبها صلابة وقوة وتحافظ على أنسجة النبات الداخلية ومنع فقد الماء من خلالها.
أمثلة	
* انتفاخ ثمار الفاكهة المنكمشة عند وضعها فى الماء لفترة.	* ترسيب النبات لمادة الكيوتين على جدر خلايا البشرة.
* انكماش وضمور بعض البذور الغضة كالبسلة والفول عند تركها لمدة.	* ترسيب النبات لمادة السليلوز على جدر الخلايا الكولنشيمية.
* ذبول وارتخاء سوق وأوراق النباتات العشبية عند جفاف التربة.	* ترسيب النبات لمادة اللجنين على السطح الداخلى لجدر الخلايا الإسكلرنشيمية (الألياف والخلايا الحجرية).
* استقامة سوق وأوراق النباتات العشبية عند رى التربة.	* ترسيب النبات لمادة السيوبرين فى الخلايا الفلينية.

الدعامة فى الإنسان

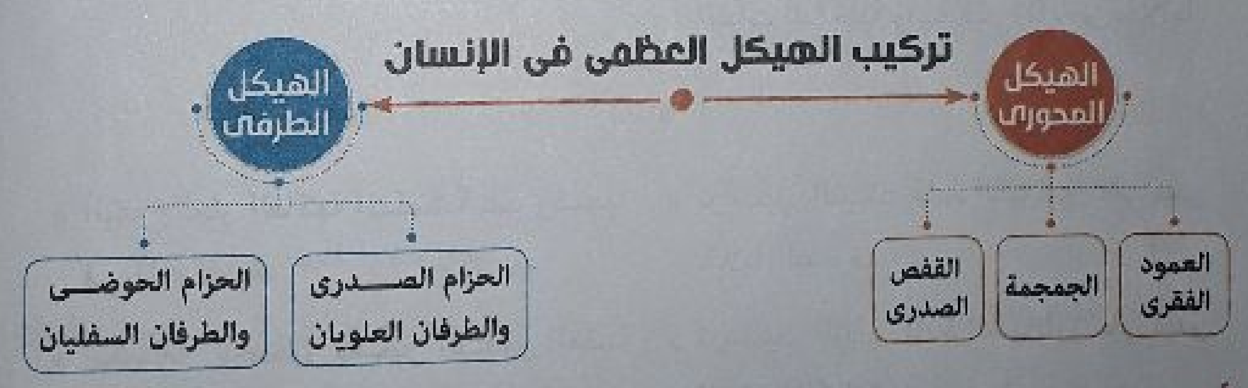
* يعمل الجهاز الهيكلى فى الإنســان على تدعيم الجســم وحماية بعض أعضائه، ويســاهم فى الحركة بالإضافة إلى أنه يعطى للإنسان الشكل المميز.



أولًا الهيكل العظمى

* يتكون الهيكل العظمى فى الإنسان من ٢٠٦ عظمة، لكل عظمة شكل وحجم يناسبان الوظيفة التى تقوم بها.

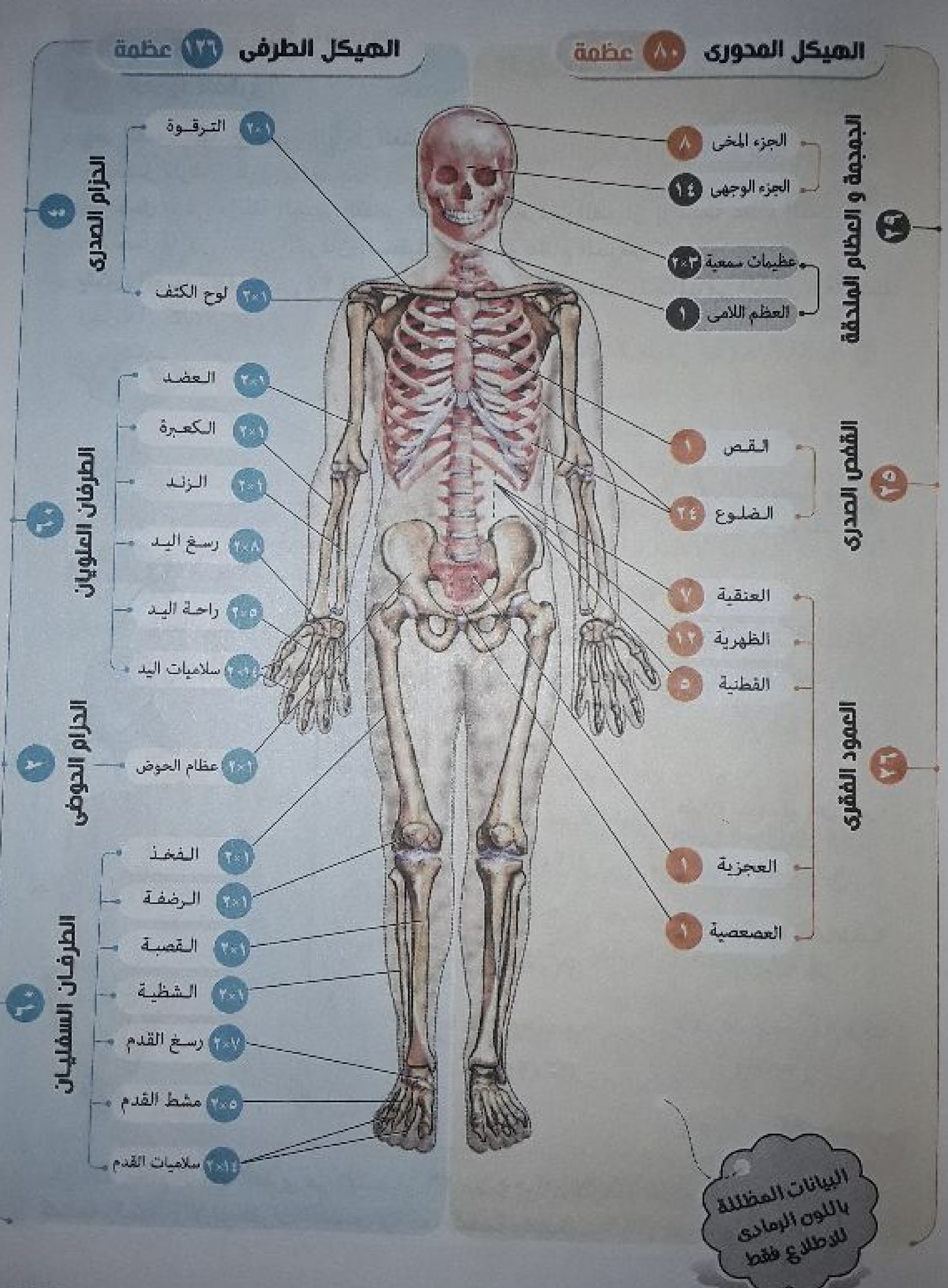
* **المخطط التالى يوضح تركيب الهيكل العظمى فى الإنسان :**



أضف إلى معلوماتك

هناك عظام ملحقة بالجمجمة وهى :

- **العظيمات السمعية :** هى أصغر ثلاث عظام فى جسم الإنسان وتوجد فى الأذن الوسطى وتشمل المطرقة والسندان والركاب.
- **العظم اللامى :** هو العظم الواقع أعلى الحنجرة وتتصل به عضلات عديدة.



الهيكل الطرفى ١٢٦ عظمة
الهيكل المحورى ٨٠ عظمة
الجمجمة و العظام الملحقة ٢٩
الجزء المخى ٨
الجزء الوجهى ١٤
عظيمات سمعية ٢×٣
العظم اللامى ١
القفص الصدرى ٢٥
القص ١
الضلوع ٢٤
العمود الفقرى ٢٦
العنقية ٧
الظهرية ١٢
القطنية ٥
العجزية ١
العصعصية ١
الحزام الصدرى ٤
الترقوة ٢×١
لوح الكتف ٢×١
الطرفان العلويان ٦٠
العضد ٢×١
الكعبرة ٢×١
الزند ٢×١
رسغ اليد ٢×٨
راحة اليد ٢×٥
سلاميات اليد ٢×١٤
الحزام الحوضى ٢
عظام الحوض ٢×١
الطرفان السفليان ٦٠
الفخذ ٢×١
الرضفة ٢×١
القصبة ٢×١
الشظية ٢×١
رسغ القدم ٢×٧
مشط القدم ٢×٥
سلاميات القدم ٢×١٤
البيانات المظللة باللون الرمادى للاطلاع فقط



أ الهيكل المحورى يتكون من :

١ العمود الفقرى

* يُعد العمود الفقرى محور الهيكل العظمى، حيث :
  - يتصل طرفه العلوى بالجمجمة.
  - يتصل به فى منطقة الصدر القفص الصدرى والطرفان العلويان بواسطة عظام الكتف.
  - يتصل به من أسفل الطرفان السفليان بواسطة عظام الحوض.
* **يتكون العمود الفقرى من ٣٣ فقرة** تقسم إلى خمس مجموعات وتختلف فى الشكل تبعًا لمنطقة وجودها، كالتالى :

المجموعة	الوصف
٧ فقرات عنقية (من ١ : ٧)	فقرات متمفصلة وذات حجم متوسط
١٢ فقرة ظهرية (من ٨ : ١٩)	فقرات متمفصلة وذات حجم أكبر من العنقية
٥ فقرات قطنية (من ٢٠ : ٢٤)	فقرات متمفصلة وهى أكبر الفقرات جميعًا فى الحجم وتواجه تجويف البطن
٥ فقرات عجزية (من ٢٥ : ٢٩)	فقرات عريضة ومفلطحة وملتحمة معًا
٤ فقرات عصعصية (من ٣٠ : ٣٣)	فقرات صغيرة الحجم وملتحمة معًا

ملحوظة

يبلغ عدد عظام العمود الفقرى فى الإنسان ٢٦ عظمة (وذلك لالتحام الخمس فقرات العجزية معًا كعظمة واحدة، والأربع فقرات العصعصية معًا كعظمة واحدة).

★ **تركيب الفقرة العظمية :**

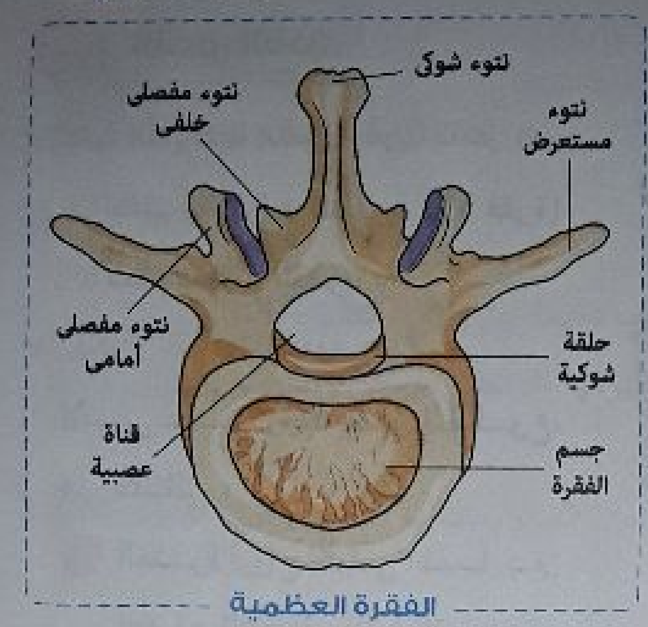
تتكون الفقرة العظمية (فقرة قطنية) من عدة أجزاء، هى :

١ **جسم الفقرة :** الجزء الأمامى السميك.

٢ **النتوءان المستعرضان :** زائدتان عظميتان، يتصلان بجسم الفقرة من الجانبين ويحمل كل منهما **نتوء مفصلى أمامى.**

٣ **الحلقة الشوكية (الحلقة العصبية) :** حلقة عظمية، تتصل بجسم الفقرة من الخلف وتحيط بالقناة العصبية التى يمتد بداخلها الحبل الشوكى لحمايته.

٤ **النتوء الشوكى :** زائدة خلفية مائلة إلى أسفل تحملها الحلقة الشوكية ويحمل **نتوءين مفصليين خلفيين.**



الفقرة العظمية

ملحوظة

يبلغ عدد النتوءات فى الفقرة العظمية (النموذجية) سبعة نتوءات.

★ **وظيفة العمود الفقرى :** – يعمل كدعامة رئيسية للجسم. – يحمى الحبل الشوكى.
– يساعد فى حركة الرأس والنصف العلوى من الجسم.

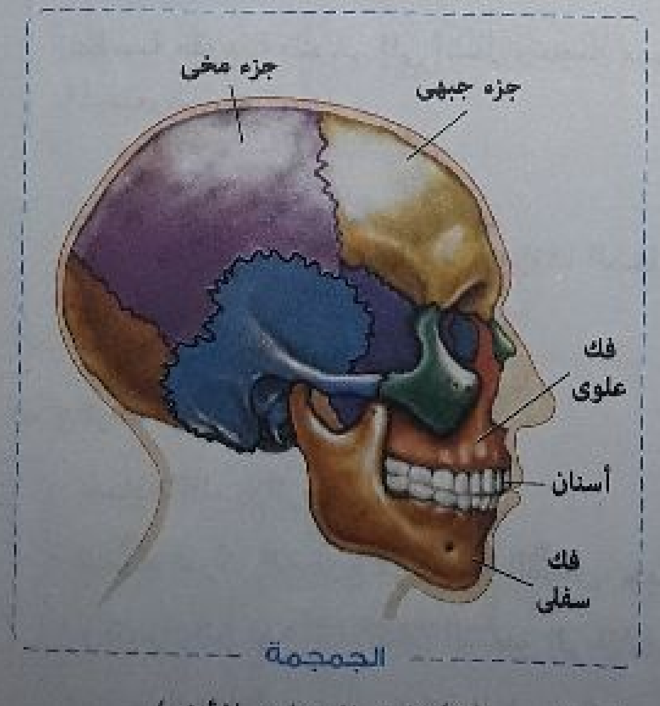
٢ الجمجمة

★ **علبة عظمية تتكون من جزئين، هما :**

١ **الجزء الخلفى (الجزء المخى) :**

– يتكون من ٨ عظام تتصل ببعضها عند أطرافها المسننة، اتصالات متينة وتشكل هذه العظام تجويفاً يستقر فيه المخ لحمايته.

– يوجد فى قاع الجزء المخى **ثقب كبير** لكى يتصل من خلاله المخ بالحبل الشوكى.



الجمجمة

٢ **الجزء الأمامى (الجزء الوجهى) :**

يشمل عظام الوجه والفكين ومواضع أعضاء الحس (الأذنان، العينان، الأنف).

٣ القفص الصدرى

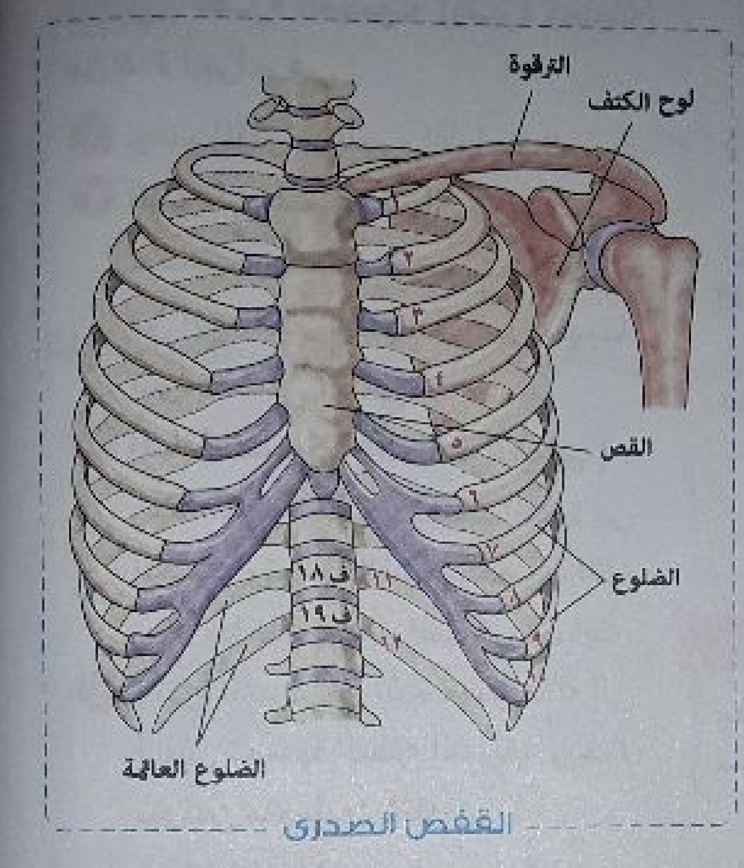
* علبة مخروطية الشكل تقريبًا تتصل من :
- الخلف بالفقرات الظهرية (١٢ فقرة).
- الأمام بعظمة القص.

* يتكون القفص الصدرى من :

اثنى عشر زوجًا من الضلوع، هى كالتالى :

١ العشرة أزواج الأولى : تصل بين الفقرات الظهرية وعظمة القص.

٢ الزوجان الأخيران (الزوج الحادى عشر والزوج الثانى عشر) :
قصيران، لا يتصلان بالقص لذا تسمى «الضلوع العائمة» وهما يتصلان بالفقرتين رقم ١٨ ، ١٩ للعمود الفقرى.



القفص الصدرى



الضلع

عظمة مقوسة تنحنى إلى أسفل وتتصل من الخلف بجسم الفقرة العظمية ونتوئها المستعرض.

عظمة القص

عظمة مفلطحة ومدببة من أسفل، جزؤها السفلى غضروفى، يتصل بها العشرة أزواج الأولى من الضلوع.

* وظيفة القفص الصدرى :
- حماية القلب والرئتين.
- تساعد حركة الضلوع فى عملية التنفس، حيث :
  - تتحرك الضلوع أثناء عملية الشهيق إلى الأمام والجانبين، لتزيد من اتساع التجويف الصدرى.
  - تتحرك الضلوع أثناء عملية الزفير عكس ما يتم فى عملية الشهيق.





ب الهيكل الطرفي يتكون من :

١ الحزام الصدرى والطرفان العلويان

*** الحزام الصدرى :**

– **يتكون من نصفين متماثلين يتركب كل نصف منهما من (لوح الكتف – الترقوة) :**

- **لوح الكتف :** عظمة ظهرية مثلثة الشكل طرفها الداخلي عريض والخارجي مدبب به نتوء تتصل به الترقوة.
- **الترقوة :** عظمة باطنية رفيعة تتصل من الأمام بعظمة القص ومن الجانب بعظمة لوح الكتف.

– يوجد تجويف عند الطرف الخارجي لعظمة لوح الكتف يسمى «**التجويف الأروح**» يستقر فيه رأس عظمة العضد مكونًا المفصل الكتفي.

*** الطرفان العلويان :**

يتكون كل طرف علوى من :

١ **العضد.**

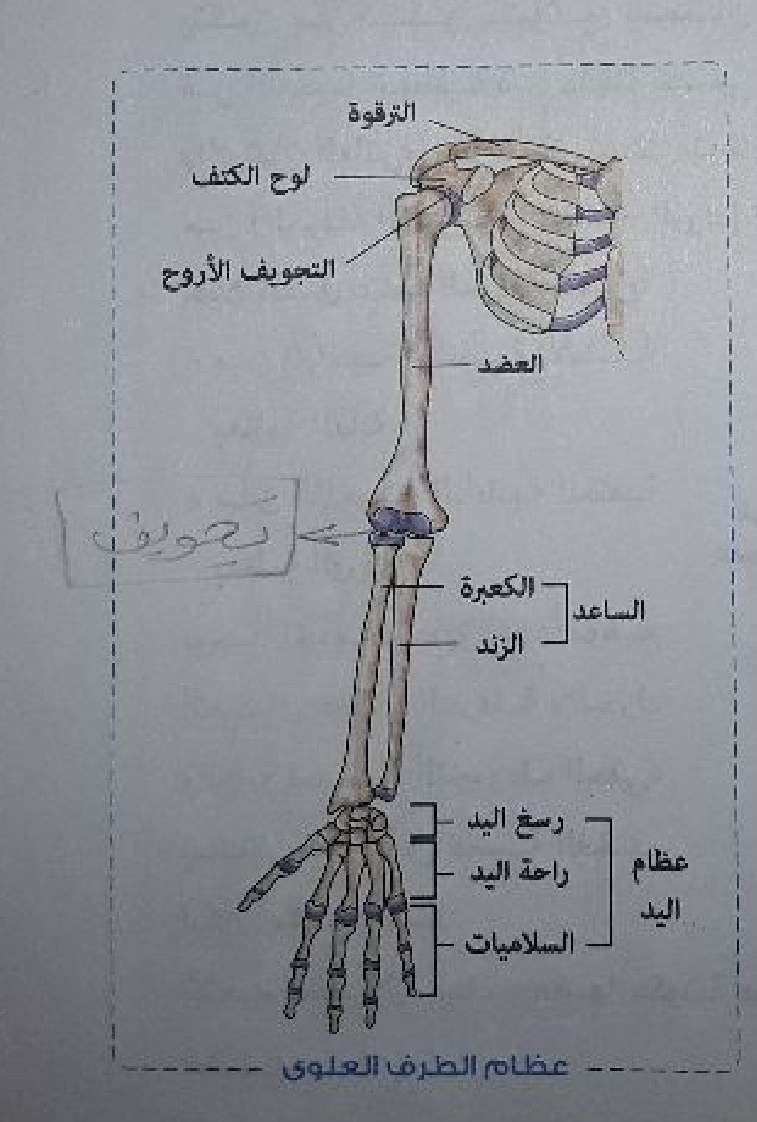
٢ **الساعد، ويتكون من عظمتين هما :**

– **الزند :** يحتوى طرفها العلوى على تجويف يستقر فيه النتوء الداخلي للعضد.

– **الكعبرة :** أصغر حجمًا من الزند، وتتحرك حركة نصف دائرية حول عظمة الزند الثابتة.

٣ **عظام اليد، وتتكون من :**

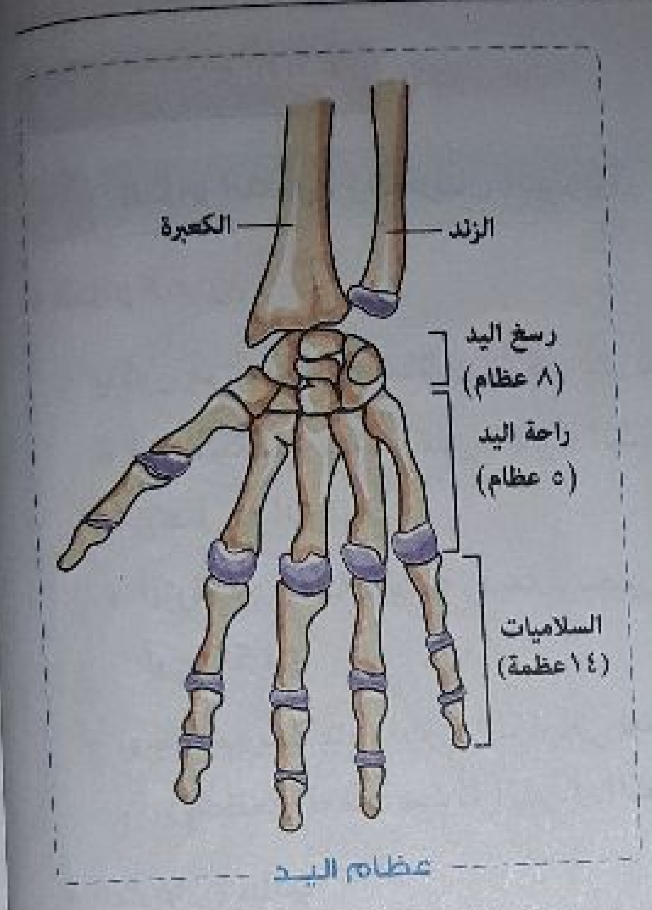
– **رسغ اليد :** يتكون من ٨ عظام في صفين يتصل طرفها العلوى بالطرف السفلى للكعبرة (لا يتصل بعظمة الزند)، ويتصل طرفها السفلى بعظام راحة اليد.



عظام الطرف العلوى

- **راحة اليد :** تتكون من ٥ عظام رفيعة مستطيلة تؤدى إلى عظام الأصابع الخمسة.

- **أصابع اليد :** ٥ أصابع يتكون كل منها من ٣ سلاميات رفيعة ماعدا إصبع الإبهام فيتكون من سلاميتين فقط.



عظام اليد

٢ الحزام الحوضى والطرفان السفليان

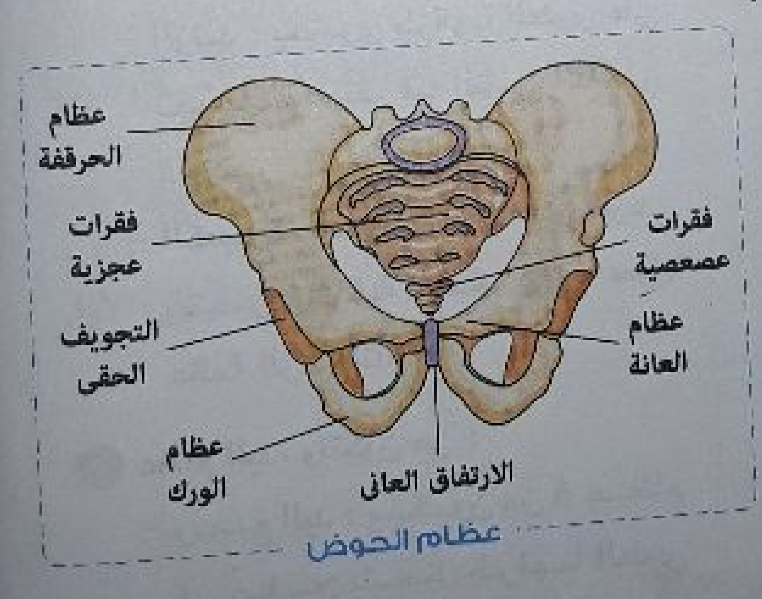
* الحزام الحوضى :

- **يتكون من نصفين متماثلين يلتحمان** فى الناحية الباطنية فى منطقة تسمى **«الارتفاق العانى»**، ويتركب كل نصف منهما من (الحرقفة الظهرية - العانة - الورك)، **حيث تتصل عظمة الحرقفة الظهرية :**
  - من الناحية الباطنية الأمامية **بعظمة العانة.**
  - من الناحية الباطنية الخلفية **بعظمة الورك.**

الارتفاق العانى

مرضع التحام نصفى عظام الحوض المتماثلين فى الناحية الباطنية.

- يوجد تجويف عميق عند موضع اتصال عظام الحرقفة والورك والعانة يسمى **«التجويف الحقى»** يستقر فيه رأس عظمة الفخذ، ليكون مفصل الفخذ.



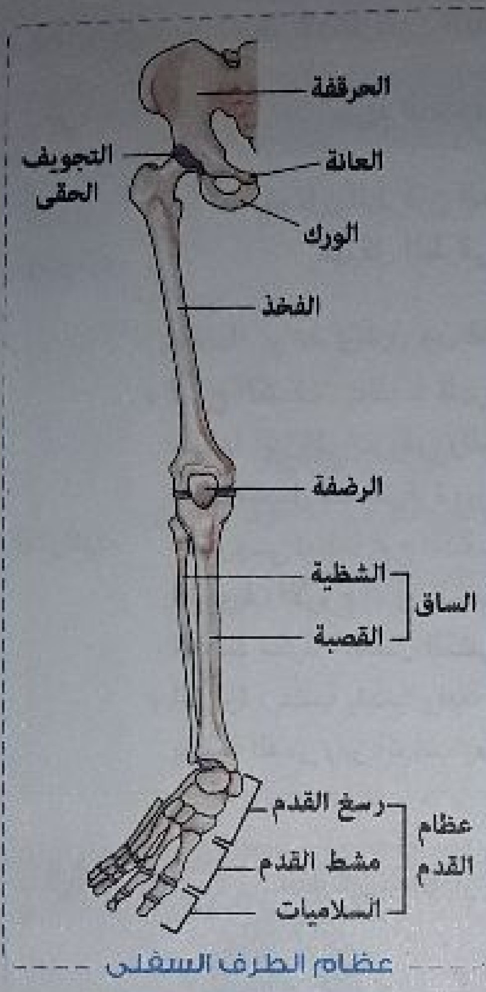
عظام الحوض

- تلتحم عظام كل نصف ببعضها مكونة عظمة واحدة، وبالتالى يتكون الحزام الحوضى من عظمتين.

• الطرفان السفليان :

يتكون كل طرف سفلى من :

١ الفخذ : عظمة يوجد بأسفلها نتوءان كبيران يتصلان بالساق عند المفصل الركبى الذى توجد أمامه **عظمة الرضفة**.



عظام الطرف السفلى

الرضفة

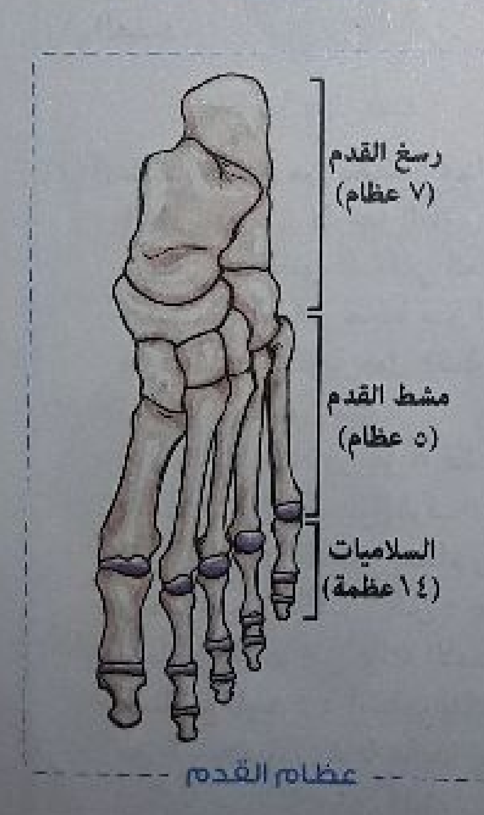
عظمة صغيرة مستديرة توجد أمام مفصل الركبة.

٢ الساق، وتتكون من عظمتين هما :

- القصبة (الداخلية).
- الشظية (الخارجية).

٣ عظام القدم، وتتكون من :

- **رسغ القدم :** يتكون من ٧ عظام غير منتظمة الشكل أكبرها هى العظمة الخلفية التى تكُون كعب القدم.
- **مشط القدم :** يتكون من ٥ عظام رفيعة وطويلة ينتهى كل منها بالإصبع.
- **أصابع القدم :** ٥ أصابع يتكون كل منها من ٣ سلاميات رفيعة، ماعدا إصبع الإبهام فيتكون من سلاميتين فقط.



عظام القدم

* مما سبق يمكن عقد المقارنتين التاليتين :

١	الحزام الصدرى	الحزام الحوضى
مكان وجوده	يتصل بالطرفان العلويان للهيكل الطرفى	يتصل بالطرفان السفليان للهيكل الطرفى
التركيب	يتكون من نصفين متماثلين يتركب كل نصف منهما من : * **لوح الكتف** : عظمة ظهرية مثلثة الشكل طرفها الداخلى عريض والخارجى مدبب به نتوء تتصل به الترقوة ويوجد عند الطرف الخارجى لعظمة لوح الكتف تجويف يسمى **التجويف الأروح** الذى يستقر فيه رأس عظمة العضد مكونًا المفصل الكتفى. * **الترقوة** : عظمة باطنية رفيعة تتصل من الأمام بعظمة القص ومن الجانب بعظمة لوح الكتف.	* **عظمة الحرقفة الظهرية**، التى تتصل : – من الناحية الباطنية الأمامية **بعظمة العانة**. – من الناحية الباطنية الخلفية **بعظمة الورك** ويوجد عند موضع اتصال الحرقفة والورك والعانة تجويف عميق يسمى **التجويف الحقى** الذى يستقر فيه رأس عظمة الفخذ مكونًا مفصل الفخذ.

٢	الطرفان العلويان	الطرفان السفليان
	يتكون كل طرف منهما من : (١) **العضد**. (٢) **الساعد، يتكون من عظمتين هما** : – **الزند** : يحتوى طرفها العلوى على تجويف يستقر فيه النتوء الداخلى للعضد. – **الكعبرة** : أصغر حجمًا من الزند، وتتحرك حركة نصف دائرية حول عظمة الزند الثابتة. (٣) **عظام اليد، وتتكون من** : – **رسغ اليد** : يتكون من ٨ عظام فى صفين يتصل طرفها العلوى بالطرف السفلى للكعبرة ويتصل طرفها السفلى بعظام راحة اليد. – **راحة اليد** : تتكون من ٥ عظام رفيعة مستطيلة تؤدى إلى عظام الأصابع الخمسة. – **أصابع اليد** : ٥ أصابع يتكون كل منها من ٣ سلاميات رفيعة ماعدا إصبع الإبهام فيتكون من سلاميتين فقط.	(١) **الفخذ** : عظمة يوجد بأسفلها نتوءان كبيران يتصلان بالساق عند المفصل الركبى الذى توجد أمامه عظمة الرضفة. (٢) **الساق، تتكون من عظمتين هما** : – القصبة (الداخلية). – الشظية (الخارجية). (٣) **عظام القدم، وتتكون من** : – **رسغ القدم** : يتكون من ٧ عظام غير منتظمة الشكل أكبرها هى العظمة الخلفية التى تكوّن كعب القدم. – **مشط القدم** : يتكون من ٥ عظام رفيعة وطويلة ينتهى كل منها بالإصبع. – **أصابع القدم** : ٥ أصابع يتكون كل منها من ٣ سلاميات رفيعة ماعدا إصبع الإبهام فيتكون من سلاميتين فقط.



ثانيًا الغضاريف

* نوع من الأنسجة الضامة.
* **تركيبها :**
  - تتكون من خلايا غضروفية.
  - لا تحتوى على أوعية دموية لذلك تحصل على الغذاء والأكسجين من خلايا العظام بالانتشار.
* **أماكن تواجدها :**
  - تشكل بعض أجزاء الجسم، مثل الأذن، الأنف، الشعب الهوائية للرئتين.
  - توجد غالبًا عند أطراف العظام وخاصةً عند المفاصل وبين فقرات العمود الفقرى.
* **وظيفتها :** حماية العظام من التآكل نتيجة احتكاكها المستمر ببعضها.

ثالثًا المفاصل

* **يوجد فى الهيكل العظمى ثلاثة أنواع من المفاصل، كالتالى :**

المفاصل





١ المفاصل الليفية

* **خصائصها :**
  - تلتحم العظام عند هذه المفاصل بواسطة أنسجة ليفية تتحول مع تقدم العمر إلى أنسجة عظمية.
  - معظمها لا يسمح بالحركة.
* **مثال :**



  - المفاصل التي توجد بين عظام الجمجمة وتربطها معًا عند أطرافها المسننة.



المفاصل الليفية

٢ المفاصل الغضروفية

* **خصائصها :**

- تربط بين نهايات بعض العظام المتجاورة.
- معظمها يسمح بحركة محدودة جدًا.

* **مثال :**

- المفاصل التى توجد بين فقرات العمود الفقرى.



المفاصل الغضروفية

٣ المفاصل الزلالية

* **خصائصها :**

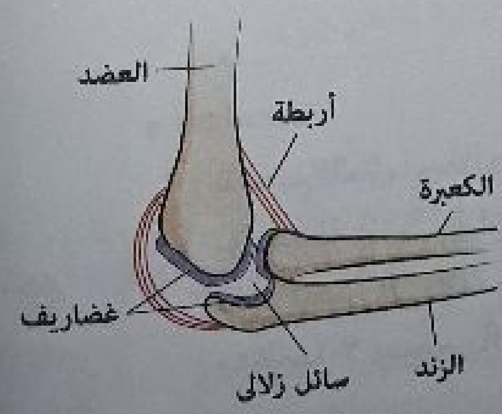
- تشكل معظم مفاصل الجسم.
- مرنة تتحمل الصدمات.
- تسمح بسهولة الحركة، حيث :
  - يغطى سطح العظام المتلامسة فى هذه المفاصل طبقة رقيقة من مادة غضروفية شفافة ملساء مما يسمح بحركة العظام بسهولة وبأقل احتكاك.
  - تحتوى على سائل مصلى أو زلالى يسهل من انزلاق الغضاريف التى تكسو أطراف العظام.

* **أنواعها :** تنقسم المفاصل الزلالية حسب نوع الحركة إلى :



١ مفاصل محدودة الحركة :

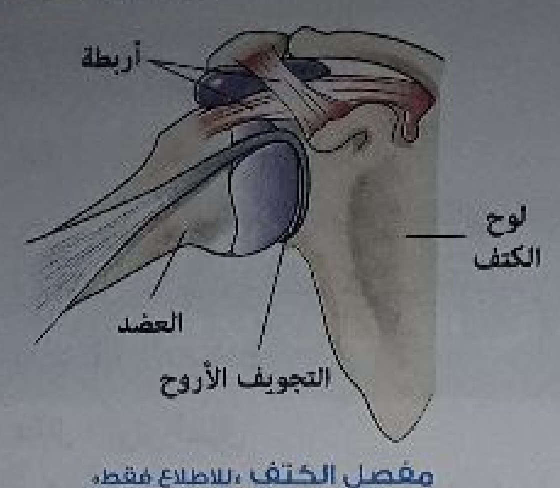
- هى المفاصل التى تسمح بحركة أحد العظام فى اتجاه واحد فقط.
- مثل :
  - مفصل الكوع.
  - مفصل الركبة.



مفصل الكوع «للاطلاع فقط»

٢ مفاصل واسعة الحركة :

- هى المفاصل التى تسمح بحركة العظام فى اتجاهات مختلفة.
- مثل :
  - مفصل الكتف.
  - مفصل الفخذ.



مفصل الكتف «للاطلاع فقط»



رابعًا الأربطة

* عبارة عن حزم منفصلة من النسيج الضام الليفي تثبت أطرافها على عظمتى المفصل.
* **خصائصها :** تتميز أليافها بـ :
  - متانتها القوية.
  - وجود درجة من المرونة تسمح بزيادة طولها قليلًا حتى لا تنقطع فى حالة تعرض المفصل لضغط خارجي.
* **وظيفتها :**
  - ربط العظام ببعضها عند المفاصل.
  - تحديد حركة العظام عند المفاصل فى الاتجاهات المختلفة.
* **مثال :**

الأربطة فى مفصل الركبة، وهى :

١ رباط صليبى أمامى.
٢ رباط صليبى خلفى.
٣ رباط وسطى.
٤ رباط جانبى.



الأربطة فى مفصل الركبة

ملحوظة

فى بعض الحالات قد يحدث تمزق للأربطة وذلك عند حدوث التواء فى بعض المفاصل كما فى الرباط الصليبى فى مفصل الركبة.

خامسًا / الأوتار

* عبارة عن نسيج ضام قوى.
* **وظيفتها :** ربط العضلات بالعظام عند المفاصل بما يسمح بالحركة عند انقباض وانبساط العضلات.
* **مثال :** وتر أخيل



وتر أخيل

- **أهميته :** يصل العضلة التوأمية (عضلة بطن الساق) بعظمة الكعب مما يساعد على حركة كعب القدم.
- **تمزق وتر أخيل :**

أسبابه	* بذل مجهود عنيف. * انعدام المرونة فى العضلة التوأمية.	* تقلص العضلة التوأمية بشكل مفاجئ.
أعراضه	* عدم القدرة على المشى. * ألام حادة.	* ثقل فى حركة القدم.
علاجه	* استخدام الأدوية المضادة للالتهابات والمسكنة للآلام. * استخدام جبيرة طبية. * التدخل الجراحى وذلك فى حالة إذا كان تمزق الوتر كاملًا.	

أضف إلى معلوماتك

سمى وتر أخيل بهذا الاسم نسبة للمحارب اليونانى الشهير أخيل الذى أصيب بسهم فى كعبه فى حرب طروادة مما أدى إلى سقوطه فتم قتله.





الفصل 1 | الدرس الثانى

الحركة فى الكائنات الحية

* **الحركة** ظاهـرة تميز جميـع الكائنات الحية وهى تنشـأ ذاتيًـا نتيجة تعـرض الكائن الحى لإثارة ما فيستجيب لها إيجابًا أو سلبًا، وفى كلتا الحالتين تكون الاستجابة حدوث الحركة.

أنواع الحركة فى الكائنات الحية

١ حركة دائبة	تحـدث داخـل كل خلية مـن خلايا الكائن الحى لاسـتمرار أنشـطته الحيوية، ومن أمثلتها الحركة السيتوبلازمية.
٢ حركة موضعية	تحـدث لبعض أجـزاء الكائن الحى، ومن أمثـلتها الحركـة الدودية فى أمعاء الفقاريات.
٣ حركة كلية	* يتحرك بها الكائن الحى من مكان لآخر بحثًا عن الغذاء أو سعيًا وراء الجنس الآخر أو تلافيًا لخطر ما فى بيئته. * تؤدى إلى زيادة انتشـار الحيوان، وكلما كانت وسائل الحركة قوية وسريعة كلما اتسعت دائرة انتشاره.

شروط الحركة وحفظ التوازن فى الحيوان

١ وجود هيكل صلب (دعامة) تتصل به العضلات، ليتمكن الحيوان من الحركة والمحافظة على توازنه.

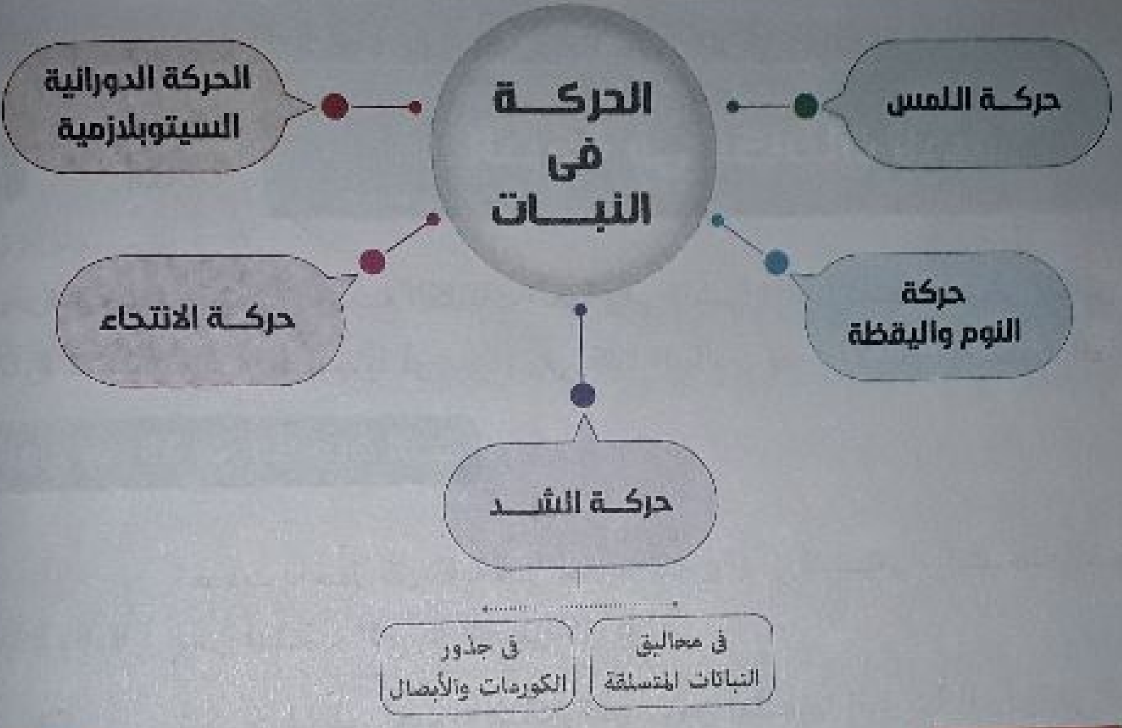
٢ أن يتكون الهيكل من قطع تتصل ببعضها اتصالًا مفصليًا يتيح الحركة.

وقد يكون هذا الهيكل :

- **هيكل خارجى** ، كما فى المفصليات.
- **هيكل داخلى** ، كما فى الفقاريات، وقد يكون :
  - **غضروفيًا** : كما فى الأسماك الغضروفية (مثل : سمكة القرش والراى).
  - **عظميًـا** : كما فى الأسماك العظمية (مثل : سمكة البلطى والبورى).

أولًا الحركة فى النبات Locomotion in Plant

* تتعدد أنواع الحركة فى النبات تبعًا لنوع المثير كالتالى :






أ حركة اللمس

* كما فى نبات المستحية، حيث تتدلى الوريقات بمجرد لمسها كما لو كان أصابها الذبول.

ب حركة النوم واليقظة

* كما فى نبات المستحية وبعض البقوليات.

حيث :

- تتقارب الوريقات بحلول الظلام مما يعبر عن نوم النبات.
- تنبسط الوريقات بحلول النور مما يعبر عن يقظة النبات.

أضف إلى معلوماتك

حركة اللمس تتأثر بها الوريقات التى تم لمسها فقط أما حركة النوم واليقظة تتأثر بها كل الوريقات ومحاور النبات.

جـ حركة الانتحاء

* كما فى جميع النباتات حيث تستجيب مختلف أجزاء النبات لمؤثرات مختلفة وهى الضوء والرطوبة والجاذبية.



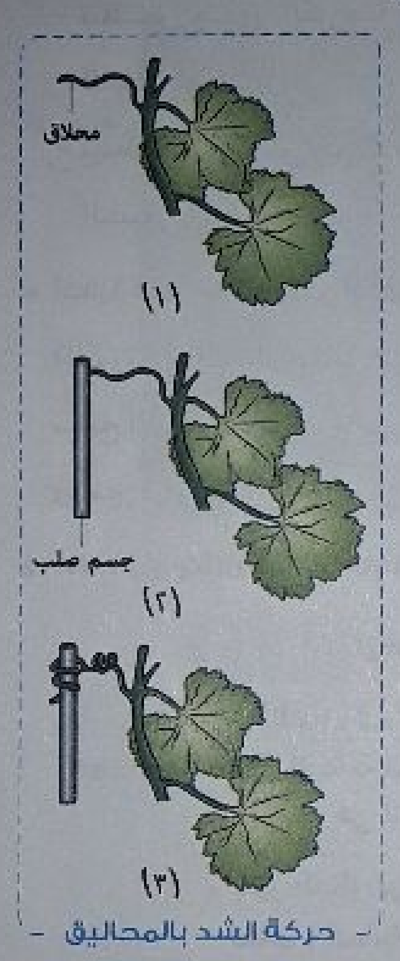
د حركة الشد

١ حركة الشد فى محاليق النباتات المتسلقة (كما فى البازلاء).

* **تتم بواسطة المحاليق وتحتاج الى دعامة صلبة، حيث :**

- يبدأ الحالق (المحلاق) عمله بأن يدور فى الهواء حتى يلامس جسمًا صلبًا.
- يلتف الحالق حول الجسم الصلب بمجرد لمسه ويلتصق به بقوة.
- يتموج ما بقى من أجزاء الحالق فى حركة لولبية فينقص طوله وبذلك يقترب الساق نحو الدعامة فيستقيم الساق رأسيًا.
- يتغلظ الحالق بعد أن يستقيم الساق رأسيًا وذلك لما يتكون فيه من أنسجة دعامية فيقوى ويشتد.

* **أهمية هذه الحركة :** استقامة الساق رأسيًا.



- حركة الشد بالمحاليق -

ملاحظات

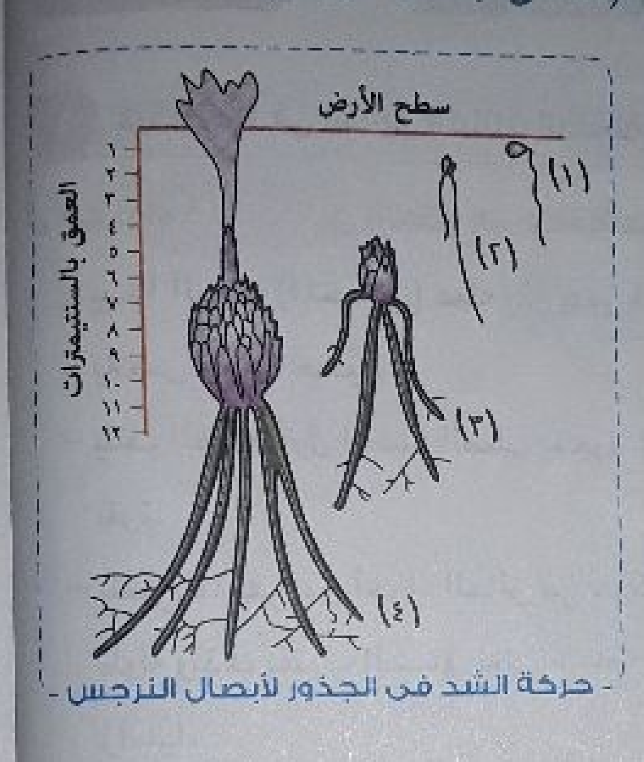
(١) يتحرك المحلاق حول الدعامة، بسبب :
- بطء نمو المنطقة التي تلامس الدعامة.
- سرعة نمو المنطقة التي لا تلامس الدعامة فتستطيل.

مما يؤدى إلى التفاف الحالق حول الدعامة.

(٢) إذا لم يجد الحالق ما يلتصق به أثناء حركته الدورانية فإنه يذبل ويموت.

٢ حركة الشد فى جذور الكورمات والأبصال (كما فى أبصال النرجس).

* تتم بواسطة الجذور الشادة، حيث :
  - تتقلص جذور الكورمة أو البصلة فتشد النبات إلى أسفل.
  - تهبط الكورمة أو البصلة إلى المستوى الطبيعى المناسب لها.
* أهمية هذه الحركة : تظل الساق الأرضية المختزنة (الكورمة أو البصلة) دائمًا على بُعد مناسب عن سطح الأرض (التربة) مما يزيد من تدعيمها وتأمين أجزائها الهوائية ضد تأثير الرياح.



- حركة الشد فى الجذور لأبصال النرجس -

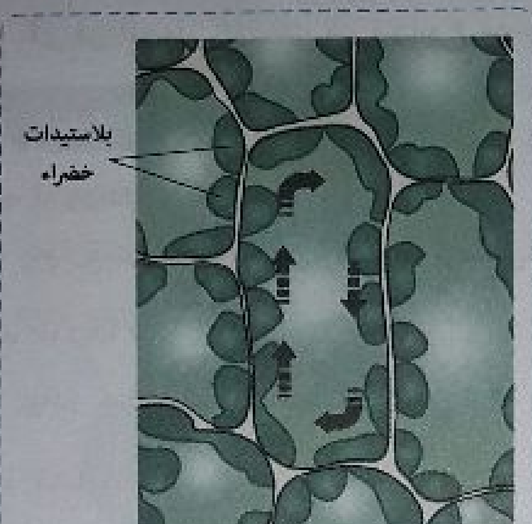
* مما سبق يمكن عقد المقارنة التالية :

	حركة الشد بالمحاليق	حركة الشد بالجذور الشادة
المفهوم	التفاف محلاق النبات المتسلق حول الدعامة فيقوم بشد ساق النبات فى اتجاه الدعامة	تقلص جذور السيقان الأرضية المختزنة كالكورمات أو الأبصال فتشد النبات لأسفل
كيفية حدوث الحركة	* يدور الحالق فى الهواء بحثًا عن جسم صلب (الدعامة). * يلتف الحالق حول الدعامة بمجرد لمسها ويلتصق بها بقوة. * يتموج ما بقى من أجزاء الحالق فى حركة لولبية فينقص طوله وبذلك يقترب الساق نحو الدعامة فيستقيم الساق رأسيًا.	* تتقلص جذور الكورمة أو البصلة فتشد النبات إلى أسفل. * تهبط الكورمة أو البصلة إلى المستوى الطبيعى المناسب لها.
الأهمية	تشد ساق النبات المتسلق نحو الدعامة فتعمل على استقامة الساق رأسيًا	تجعل الساق الأرضية المختزنة دائمًا على بُعد مناسب عن سطح الأرض (التربة) مما يزيد من تدعيمها وتأمين أجزائها الهوائية ضد تأثير الرياح
أمثلة	البازلاء	أبصال النرجس

هـ الحركة الدورانية السيتوبلازمية



* من أهم خصائص السيتوبلازم الحى أنه يتحرك فى دوران مستمر داخل الخلية.
* **تتضح هذه الحركة :** عند فحص خلية ورقة نبات الإيلوديا (نبات مائى) تحت القوة الكبرى للمجهر، **حيث يلاحظ ما يلى :**
  - يُبطن جدار الخلية من الداخل بطبقة رقيقة من السيتوبلازم.
  - ينساب السيتوبلازم فى حركة دورانية مستمرة داخل الخلية فى اتجاه واحد.
  - يمكن الاستدلال على حركة السيتوبلازم من خلال دوران البلاستيدات الخضراء المنغمسة فى السيتوبلازم محمولة فى تياره.



الحركة الدورانية للسيتوبلازم

ثانيًا الحركة فى الإنسان (كمثال للثدييات)



* **تعتمد حركة الجسم على التعاون والتناسق بين ثلاثة أجهزة رئيسية، هى :**

١ الجهاز الهيكلى	* يشكل مكان اتصال مناسب للعضلات. * يعمل كدعامة للأطراف المتحركة. * تقوم المفاصل بدور هام فى حركة أجزاء الجسم المختلفة.
٢ الجهاز العصبى	* يلعب الجهاز العصبى دورًا هامًا فى حركة الجسم حيث إن الجهاز العصبى يعطى الأوامر للعضلات على شكل سيالات عصبية فتتم الاستجابة تبعًا لذلك فى صورة انقباض أو انبساط للعضلات بما يسمح بالحركة.
٣ الجهاز العضلى	* مسئول عن حركة أجزاء الجسم حيث إن انقباض وانبساط بعض العضلات يؤدى إلى حدوث الحركة، **ويتمثل الجهاز العضلى فى :** – **العضلات الإرادية (الهيكلية أو المخططة) :** وهى التى يستطيع الإنسان التحكم فيها وتشمل معظم عضلات الجسم. – **العضلات اللاإرادية :** وهى التى لا يستطيع الإنسان التحكم فيها وتشمل العضلات الملساء وعضلة القلب.

* **لقد سبق لنا دراسة الجهازين الهيكلى والعصبى فى الإنسان ويمكننا الآن دراسة الجهاز العضلى.**



الجهاز العضلى Muscular System

* يتركب الجهاز العضلى من مجموعة وحدات تركيبية تسمى «العضلات»
أى أن الجهاز العضلى هو مجموع عضلات الجسم.

العضلات

* **تكوينها :**

عبارة عن مجموعة من الأنسجة العضلية والتى تعرف بـ «**اللحم**».

* **عددها :**

يقدر عدد عضلات الجسم بحوالى ٦٢٠ عضلة أو أكثر.

* **خصائصها :**

– خيطية الشكل بصفة عامة.

– لها القدرة على الانقباض والانبساط لتأدية الأنشطة والوظائف المختلفة.

* **وظائفها :**

ضرورية لتأدية النشاطات والوظائف التالية :

١ **الحركة** وتشمل تغيير وضع عضو معين من الجسم بالنسبة لبقية الجسم، وبالتالى تحريك أجزاء الجسم المختلفة وأداء الإنسان لحركاته الميكانيكية.

٢ **الانتقال** من مكان لآخر.

٣ **المحافظة على وضع الجسم** فى الجلوس أو الوقوف، وذلك بفضل عضلات الرقبة والجذع والأطراف السفلية.

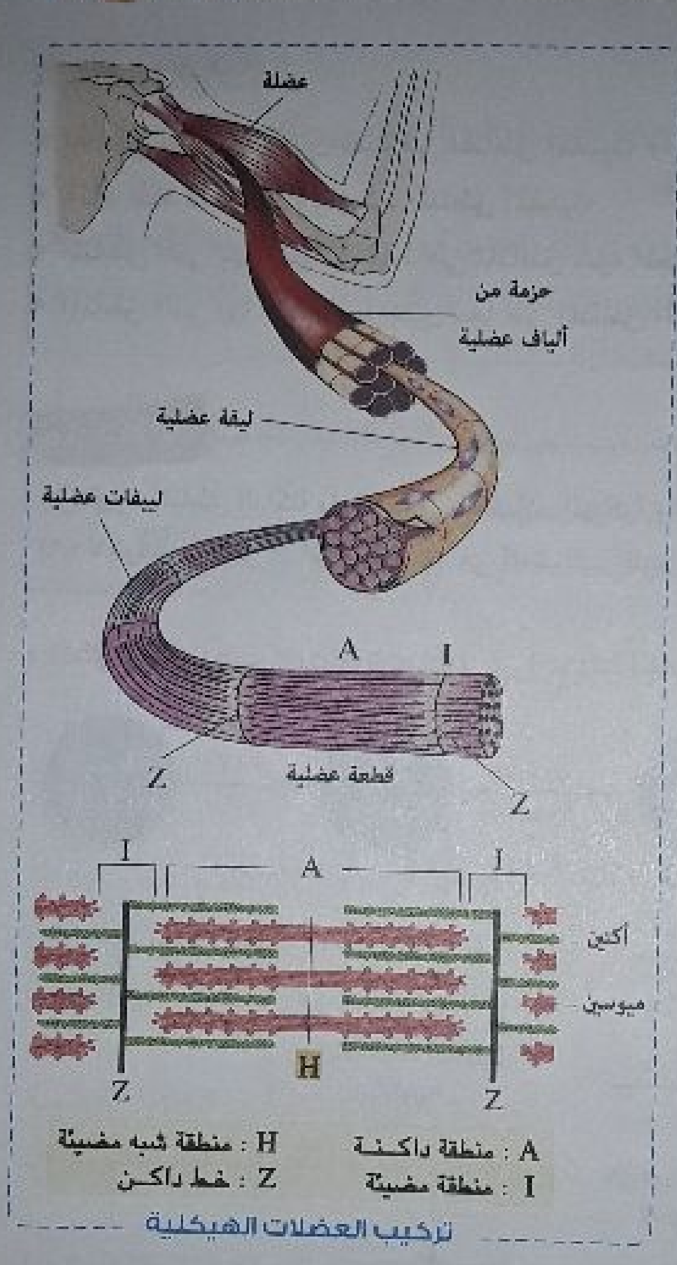
أضف إلى معلوماتك

الجذع هو المنطقة التى تتوسط جسم الإنسان وتحتوى على البطن والصدر والظهر.

٤ **استمرار حركة الدم** داخل الأوعية الدموية والمحافظة على ضغط الدم طبيعيًا نتيجة انقباض العضلات الملساء (اللاإرادية) الموجودة فى جدران هذه الأوعية.

تركيب العضلة الهيكلية

* تتركب العضلة الهيكلية من عدد كبير من خيوط رفيعة متماسكة مع بعضها تسمى الألياف (الخلايا) العضلية.
* توجد الألياف العضلية دائمًا فى مجموعات تعرف بالحزم العضلية التى تحاط بغشاء يعرف بـ «**غشاء الحزمة**».
* **تتكون الليفة (الخلية) العضلية من :**
  - **المادة الحية** (البروتوبلازم) وهى تشمل **السيتوبلازم** (الذى يعرف فى العضلات باسم **الساركوبلازم**).
  - عدد كبير من الأنوية.
  - غشاء خلوى يسمى «**الساركوليما**» يحيط بالساركوبلازم.
  - مجموعة **لييفات** عضلية يتراوح عددها ما بين ١٠٠٠ : ٢٠٠٠ لييفة مرتبة طوليًا وموازية للمحور الطولى للعضلة.



تركيب العضلات الهيكلية

* **تتكون كل لييفة عضلية من :**
  - مجموعة من الأقراص (المناطق) **المضيئة** :
    - يرمز لها بـ (I).
    - تتكون من خيوط بروتينية رفيعة تسمى «**أكتين**» ويقطعها فى منتصفها خط داكن يرمز له بـ (Z).
  - مجموعة من الأقراص (المناطق) **الداكنة** :
    - يرمز لها بـ (A).
    - تتكون من خيوط **الأكتين** بالإضافة إلى نوع آخر من الخيوط البروتينية السميكة تسمى «**الميوسين**»، ويتوسطها منطقة **شبه مضيئة** يرمز لها بـ (H) وهى تتكون من خيوط **الميوسين** السميكة فقط.

> **القطعة العضلية (الساركومير)**
> المسافة بين كل خطين متتالين (Z) والموجودة فى منتصف المناطق المضيئة فى اللييفة العضلية.

مما سبق يتضح أن :

- المناطق التى بها أكتين فقط هى المناطق المضيئة (I).
- هناك خط داكن (Z) يتوسط المناطق المضيئة.
- المناطق التى بها ميوسين فقط هى المناطق شبه المضيئة (H).
- المناطق التى بها أكتين وميوسين معًا هى المناطق الداكنة (A).

ملاحظات

(١) **توجد** المناطق الداكنة والمضيئة فى العضلات الهيكلية والقلبية فقط لذلك سميت **بالعضلات المخططة.**
(٢) **لا توجد** المناطق الداكنة والمضيئة فى العضلات الملساء لذلك سميت **بالعضلات غير المخططة.**

* **يمكن إيجاز تركيب العضلة الهيكلية فى المخطط التالى :**



الانقباض العضلى

* تتحمل العضلات مسئولية حركة الجسم وذلك لقدرتها على الانقباض والانبساط.
* **كيفية انقباض العضلة الهيكلية (الإرادية) :**

يتم انقباض العضلة الهيكلية تحت تأثير السيالات العصبية وفسيولوجية استجابة العضلة لهذا الحافز العصبى وذلك بالتنسيق والتآزر بين الجهاز الهيكلى والعصبى والعضلى.

* **ويتم انتقال السيال العصبى إلى العضلة الهيكلية كالتالى :**

١ فى حالة الراحة (قبل استقبال العضلات الهيكلية الإرادية للسيال العصبى)

خارج الغشاء + + + + + + + + + + + + +
غشاء الليفة
داخل الغشاء − − − − − − − − − − − − −

* السطح الخارجى لغشاء الليفة العضلية : يحمل شحنات موجبة.
* السطح الداخلى لغشاء الليفة العضلية : يحمل شحنات سالبة.
* ينشأ فرق فى الجهد نتيجة الفرق فى تركيز الأيونات بين خارج وداخل غشاء الليفة العضلية وهو ما يسمى بحالة «الاستقطاب **Polarization**».

الاستقطاب
حالة غشاء الليفة العضلية عندما يكون سطحها الخارجى موجبًا وسطحها الداخلى سالبًا.

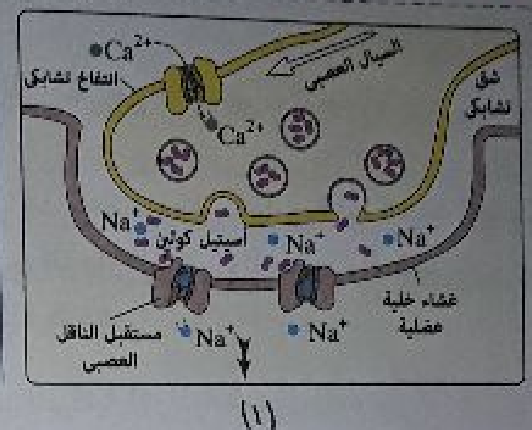
٢ فى حالة الإثارة (استقبال العضلات الهيكلية الإرادية للسيال العصبى)

* يعتبر المؤثر الذى يسبب انقباض العضلة الهيكلية هو وصول السيالات العصبية من المخ والحبل الشوكى عن طريق الخلايا العصبية الحركية التى تتصل نهاياتها العصبية اتصالاً محكمًا بالليفة العضلية مكونة «**تشابك عصبى - عضلى**».
* عند وصول السيال العصبى إلى الحويصلات الموجودة بالنهايات العصبية للخلايا العصبية تدخل أيونات الكالسيوم إليها فتعمل على تحرير بعض المواد الكيميائية تعرف بالنواقل العصبية، مثل الأسيتيل كولين.
* تسبح النواقل العصبية فى الفراغ الموجود بين النهايات العصبية، وغشاء الليفة العضلية حتى تصل إلى سطح الليفة العضلية الإرادية.

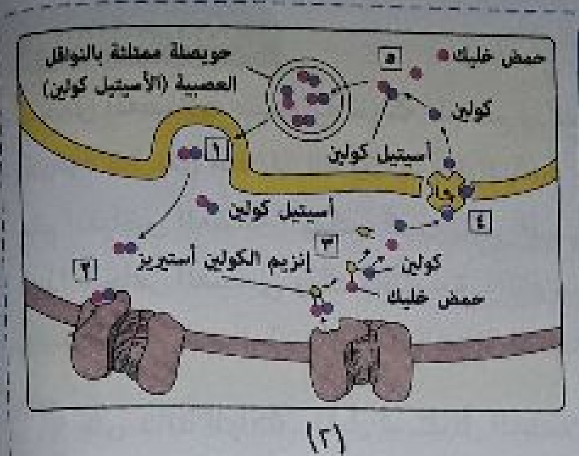
خارج الغشاء − − − − − − − − − − − − −
غشاء الليفة
داخل الغشاء + + + + + + + + + + + + +

* يتلاشى فرق الجهد على غشاء الليفة العضلية ويحدث انعكاس للشحنات (أى يصبح السطح الداخلى لغشاء الليفة العضلية موجبًا والسطح الخارجى سالبًا)

وذلك لزيادة نفاذية غشاء الخلية لأيونات الصوديوم الموجبة التى تدخل بسرعة داخل غشاء الليفة العضلية حينئذ توصف حالة غشاء الليفة العضلية بحالة «اللااستقطاب **Depolarization**» مما يؤدى إلى انقباض العضلة.



(١)



(٢)

انتقال السيال العصبي خلال التشابك العصبي - العضلي «للاطلاع فقط»

٣ في حالة العودة إلى الراحة

* يعود فرق الجهد على غشاء الليفة العضلية إلى وضعه الطبيعي بعد جزء من الثانية وذلك بفعل عمل **إنزيم الكولين أستيريز Cholinesterase** وهو إنزيم متوافر في نقاط الاتصال العصبي – العضلي والذي يعمل على تحطيم مادة الأسيتيل كولين وتحويلها إلى كولين وحمض خليك وبالتالي يبطل عملها فيزول تأثير المنبه وتعود نفاذية غشاء الليفة العضلية إلى وضعها الطبيعي في حالة الراحة (قبل استقبال السيال العصبي) أي العودة إلى حالة الاستقطاب حتى يمكنها أن تستقبل مؤثر جديد وتكون مهيأة للاستجابة للحفز مرة أخرى.



آلية انقباض العضلة

(نظرية الخيوط المنزلقة لهكسلي Huxely)

* تعتبر نظرية الخيوط المنزلقة (أو الانزلاق) التي اقترحها **«هكسلي»** أشهر النظريات التي فسرت انقباض العضلات.

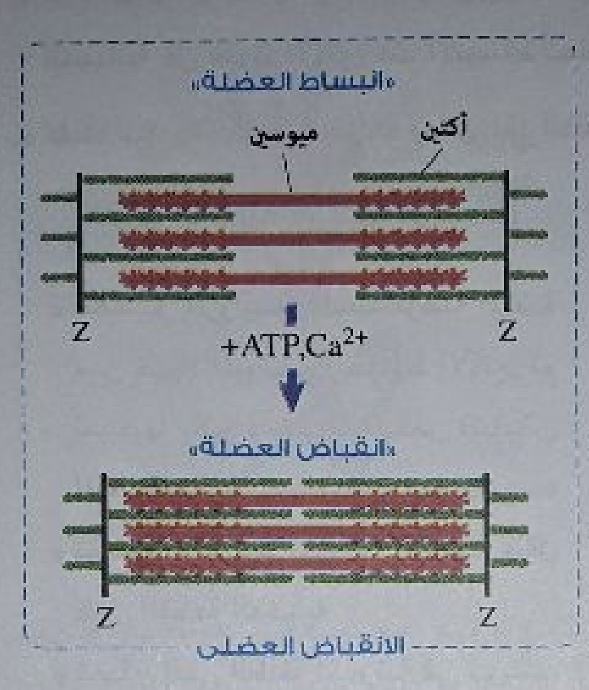
فكرة نظرية الخيوط المنزلقة

* تعتمد فرضية الخيوط المنزلقة على التركيب المجهري الدقيق لألياف العضلات إذ أن كل ليفة عضلية تتكون من مجموعة لييفات وكل لييفة عضلية تتكون من نوعين من **الخيوط البروتينية**، الأولى رفيعة **أكتينية** والثانية غليظة **ميوسينية**.
* استخدم «هكسلي» المجهر الإلكتروني في المقارنة بين ليفة عضلية في حالة انقباض وأخرى في حالة الراحة، واستنتج من ذلك **الآتي :**

فى حالة الانقباض

تنزلق الخيوط البروتينية المكونة للألياف العضلية الواحدة فوق الأخرى مما يسبب انقباض أو تقلص العضلة، حيث :

* تمتد من خيوط الميوسين روابط مستعرضة (تم تكوينها بمساعدة أيونات الكالسيوم) لكى تتصل بخيوط الأكتين.
* تعمل الروابط المستعرضة كخطاطيف حيث إنها تسحب بمساعدة الطاقة المخزنة فى جزيئات ATP (المخزون المباشر للطاقة فى العضلة) المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين باتجاه بعضها البعض فينتج عن ذلك انقباض الليفة العضلية.
* تتقارب خطوط (Z) من بعضها أثناء الانقباض وهكذا تنقبض العضلة.



الانقباض العضلى

الروابط المستعرضة خيوط يتم تكوينها بمساعدة أيونات الكالسيوم تمتد من خيوط الميوسين لكى تتصل بخيوط الأكتين.

ومما سبق يمكن إيجاز التغيرات التى تطرأ على الليفة العضلية أثناء الانقباض العضلى :

- يقل طول المنطقة المضيئة نتيجة تقارب خيوط الأكتين من بعضها البعض.
- يقل أو ينعدم طول المنطقة شبه المضيئة وذلك حسب قوة الانقباض.
- يبقى طول المنطقة الداكنة كما هو.
- يقل طول القطعة العضلية (الساركومير) نتيجة تقارب خطوط (Z) من بعضها.

فى حالة الانبساط (عند زوال المنبه)

* تبتعد الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتنبسط العضلة وذلك عن طريق استهلاك العضلة لجزء من الطاقة المخزنة فى جزيئات ATP لفصل الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين.
* تتباعد خطوط (Z) عن بعضها فتعود القطع العضلية إلى طولها الأساسى.

* **مما سبق يتضح أن :** عملية اتصال الروابط المستعرضة بخيوط الأكتين أثناء الانقباض وعملية انفصالها عن خيوط الأكتين عند الانبساط تحتاج إلى الطاقة المخزنة فى جزيئات ATP

* **طبقًا لنظرية الخيوط المنزلقة يمكن عقد المقارنة التالية :**

الليفة العضلية فى حالة الانقباض	الليفة العضلية فى حالة الانبساط
* تتصل الروابط المستعرضة الممتدة من خيوط الميوسين بخيوط الأكتين ثم تسحبها باتجاه بعضها البعض فتنقبض العضلة.	* تبتعد الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتنفصل خيوط الأكتين عن خيوط الميوسين وتنبسط العضلة.
* تتقارب خطوط (Z) من بعضها فيقل طول القطعة العضلية.	* تتباعد خطوط (Z) عن بعضها فتعود القطعة العضلية إلى طولها الأساسى.
* تحتاج إلى الطاقة المخزنة فى جزيئات ATP	* تحتاج إلى الطاقة المخزنة فى جزيئات ATP

قصور نظرية الخيوط المنزلقة

* قامت نظرية الخيوط المنزلقة بتفسير انقباض العضلات الهيكلية (المخططة) ولكنها لم تستطع تفسير آلية انقباض العضلات الملساء بالرغم من وجود بعض التقارير العلمية التى تشير إلى أن الخيوط البروتينية فى ألياف العضلات الملساء تتكون من نوع يشبه - إلى حد كبير - الخيوط الأكتينية فى العضلات الهيكلية.

الوحدة الحركية Motor Unit

الوحدة الحركية :

الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية.

* **الهدف من دراسة الوحدة الحركية :**

التعرف على المظاهر الميكانيكية لعملية الانقباض العضلى لأن انقباض العضلات ما هو إلا محصلة انقباض جميع الوحدات الحركية المكونة للعضلة.

* **تركيب الوحدة الحركية :**

تتكون الوحدة الحركية من مجموعة من الألياف العضلية والخلية العصبية التى تغذيها، **حيث إنه :**

- عند دخول الليف العصبى الحركى إلى العضلة يتفرع إلى عدد كبير من الفروع العصبية داخل العضلة.
- كل ليف عصبى حركى يغذى عددًا يتراوح ما بين (٥ : ١٠٠) من الألياف العضلية وذلك بواسطة تفرعاته النهائية التى يتصل الواحد منها بالصفائح النهائية الحركية لليفة العضلية فى موضع يعرف بـ «**الوصلة العصبية العضلية**».



الوحدة الحركية

الوصلة العصبية العضلية (التشابك العصبى - العضلى)

موضع أو مكان اتصال تفرع نهائى لليف عصبى حركى (لخلية عصبية) بالصفيحة النهائية الحركية لليفة العضلية.

مما سبق يتضح أن :

- الوحدة التركيبية للعضلة الهيكلية هى **الليفة العضلية**.
- الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية هى **الوحدة الحركية**.
- أصغر وحدة انقباض هى **القطعة العضلية**.

إجهاد العضلة Muscle Fatigue

* **سبب إجهاد وتعب العضلة :**

انقباض العضلة بصورة متتالية وسريعة **وذلك لأن** الدم لا يستطيع نقل الأكسجين بالسرعة الكافية ليوفر للعضلة احتياجاتها من التنفس وإنتاج الطاقة، **ولهذا تلجأ** العضلة إلى تحويل مادة الجليكوجين (نشا حيوانى) إلى جلوكوز يتأكسد بطريقة التنفس اللاهوائى (لا يحتاج إلى أكسجين) لإنتاج طاقة تعطى العضلة فرصة أكبر للعمل، **فينتج عن هذه العملية** تراكم حمض اللاكتيك

الـذى يسـبب تعب العضلـة وإجهادها كما أن تناقـص جزيئات ATP يؤدى إلـى عدم انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل مرتبطة بها وتظل العضلة فى حالة انقباض مستمر وغير قادرة على الانبساط مما يسبب حدوث **الشد العضلى المؤلم**.

*** كيفية زوال إجهاد العضلة :**

عند الراحة تصل إلى العضلة كمية كافية من الأكسچين فتقوم العضلة بالتنـفس الهـوائى وإنتاج كمية كبيرة مـن جزيئـات ATP فتعمـل علـى انفصـال الروابـط المسـتعرضة عن خيوط الأكتين مما يؤدى إلى انبسـاط العضلـة، وبالتالى تبدأ العضلـة من جديد فى تتابع من الانقباضات والانبساطات.

تذكر أن

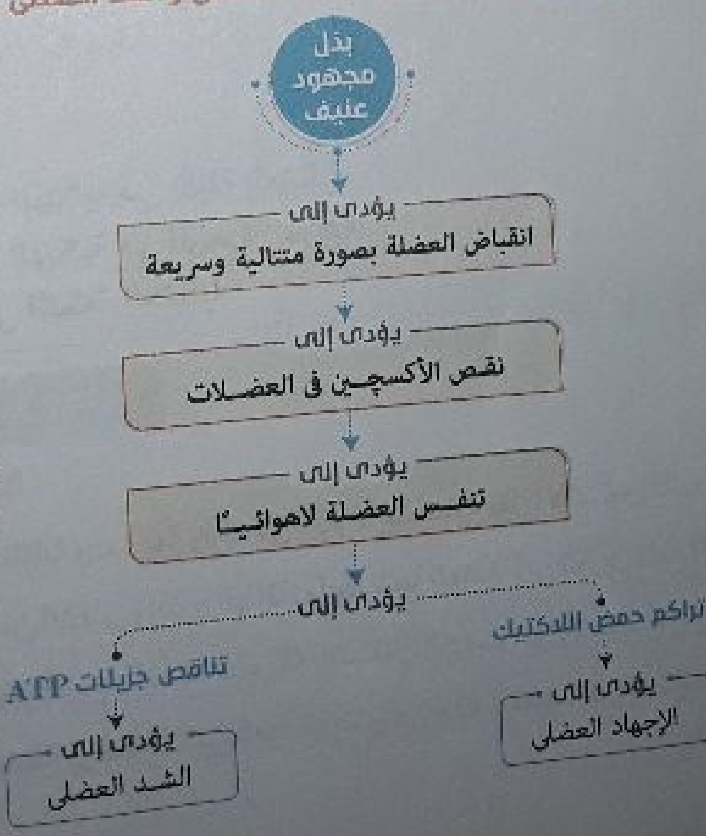
ينتـج عن التنفس الهوائى للعضلة ٣٨ جـزىء ATP، بينمـا ينتج عن التنفس اللاهوائى للعضلة ٢ جزىء ATP فقط.

ملاحظات

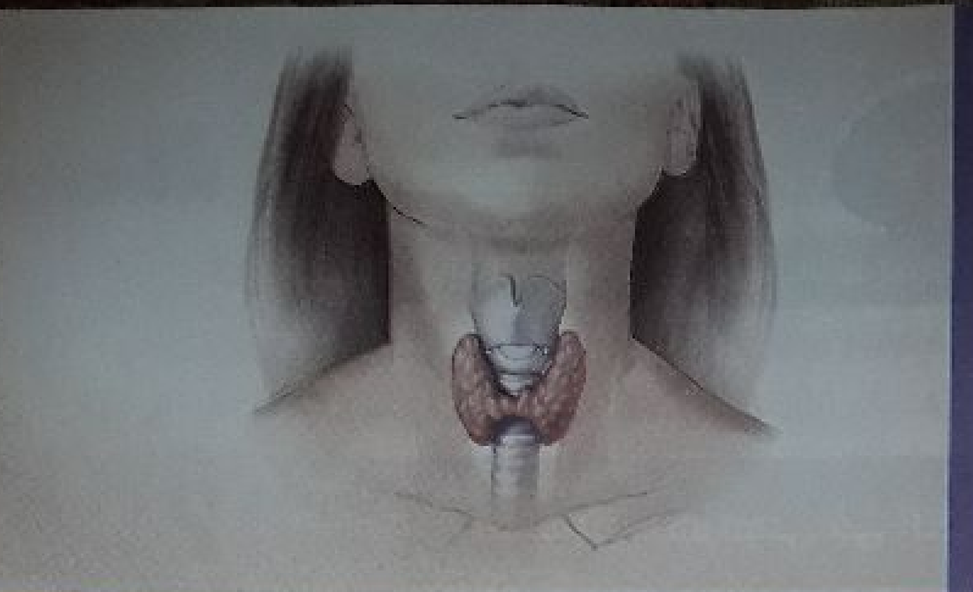
(١) قـد يحدث الشـد العضلى بسـبب وصول النبضات العصبية غيـر الصحيحة من المخ إلى العضلات مما يتعارض مع الأداء الطبيعى لها.

(٢) يمكـن أن يتسـبب الشـد العضلـى الزائد عن الحد فـى حدوث تمزق للعضـلات وحدوث نزف دموى.

*** المخطط التالى يوضح سبب كل من الإجهاد العضلى والشد العضلى :**



أسئلة الدرس انظر كتاب الأسئلة



الباب الأول

التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

الفصل 2 التنسيق الهرمونى فى الكائنات الحية

الـدرس الأول **التنسيق الهرمونى فى الكائنات الحية.**

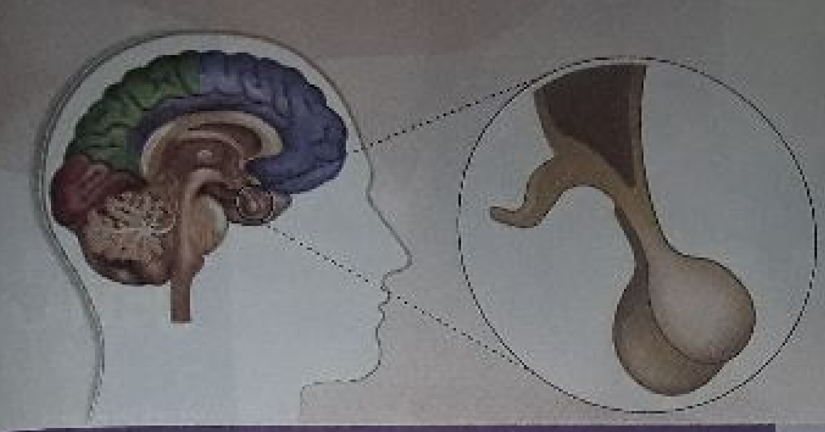
الـدرس الثانى **تابع الغدد فى الإنسان.**

أهداف الفصل :

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف دور العلماء فى اكتشاف الهرمونات.
- يذكر أهمية الأوكسينات بالنسبة للنبات.
- يكتشف وظائف الهرمونات.
- يذكر أمثلة للغدد الصماء الموجودة فى الإنسان.
- يستنتج خصائص الهرمونات.
- يقارن بين الغدد الصماء (اللاقنوية) والغدد القنوية فى الإنسان.
- يتعرف دور الغدة النخامية.
- يستنتج أن الغدة النخامية هى رئيسة الغدد الصماء.
- يوضح وظيفة الغدة الدرقية والغدد جارات الدرقية.
- يتعرف دور البنكرياس كمنظم للسكر.
- يستنتج أن البنكرياس غدة مزدوجة (قنوية ولاقنوية).
- يربط بين المرض وما يسببه (نقص وزيادة فى إفراز هرمون معين).
- يقدر عظمة الخالق فى كيفية التنسيق الهرمونى فى الكائنات الحية.





التنسيق الهرمونى فى الكائنات الحية

جهاز الغدد الصماء Endocrine System

* هـو الجهـاز الثانـى بعـد الجهـاز العصبى مـن الأجهـزة التى تتحكـم فى وظائف الجسـم، ولذلك فإن وظائف الجسم المختلفة تكون تحت سيطرة التحكم العصبى والهرمونى.

الغدد الصماء Endocrine Glands

غـدد لاقنويـة ذات إفـراز داخلـى تصـب إفرازاتهـا مـن الهرمونـات فـى الـدم مباشـرةً بكميـات محـددة لكـى تـؤدى وظائفهـا.

الهرمونات Hormones

مواد كيميائية عضوية تتكون داخل غدد لاقنوية (صماء) تُفرز فى الدم مباشرةً ثم تنتقل عن طريق الدم إلى عضو آخر فتؤثر عادةً على وظيفته ونموه.

* تُفـرز الهرمونـات بكميـات محددة لكى تؤدى وظيفتها على أحسـن وجه حيـث إن زيادتها أو نقصها يؤدى إلى اختلال فى الوظيفة مما قد يسبب أعراضًا مرضية تختلف من هرمون لآخر.
* معظم تأثيرات الهرمونات من النوع المحفز حيث تقوم بتنشيط أعضاء أو غدد أخرى.

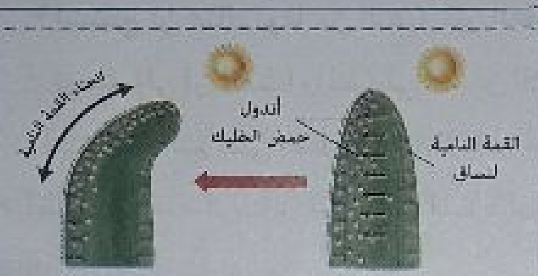
الهرمونات فى النبات (الأوكسينات)

* يعتبر «بويسن جنسن Boysen Jensen» أول من أشار إلى الأوكسينات (الهرمونات النباتية) عام ١٩١٣م، واستطاع أن يفسر دورها فى انتحاء الساق نحو الضوء، **فقد أثبت أن :**

القمة النامية للساق (منطقة الاستقبال) تفرز مادة كيميائية (أندول حمض الخليك) تنتقل منها إلى منطقة الاستجابة (منطقة الانحناء) فتسبب انحناءها.

الأوكسينات

مواد كيميائية تُفرز من الخلايا الحية فى القمم النامية والبراعم النباتية (مناطق الاستقبال) وتنتقل إلى مناطق الاستجابة حيث تؤثر فى وظائف المناطق المختلفة بالنبات.



دور الأوكسينات فى انحناء القمة النامية للساق «للاطلاع فقط»

* **مكان الإفراز :** تُفرز الأوكسينات من الخلايا الحية فى القمم النامية والبراعم النباتية لأن النبات ليس له غدد خاصة.

* **الأهمية :** تتأكد أهمية الأوكسينات من خلال تأثيرها فى وظائف المناطق المختلفة بالنبات، **حيث إنها :**

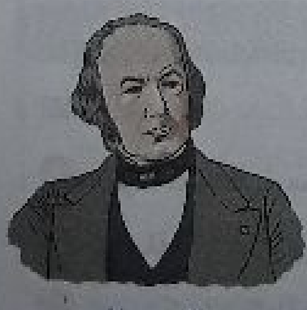
١ تنظم تتابع نمو الأنسجة وتنوعها.
٢ تؤثر على النمو بالتنشيط أو بالتثبيط.
٣ تتحكم فى موعد تفتح الأزهار وتساقط الأوراق ونضج الثمار وتساقطها.
٤ تؤثر على العمليات الوظيفية فى جميع خلايا وأنسجة النبات.
٥ تُمكن الإنسان من التحكم فى إخضاع نمو النبات.

الهرمونات فى الحيوان

اكتشاف الهرمونات الحيوانية

١ كلود برنار Cloud Bernar

* درس فى عام ١٨٥٥م وظائف الكبد.
* اعتبر السكر المدخر فى الكبد هو **إفرازه الداخلى** والصفراء **إفرازه الخارجى.**


كلود برنار

٢ ستارلنج Starling


ستارلنج

* فى عام ١٩٠٥م :
- وجد أن البنكرياس يفرز عصارته الهاضمة فور وصول الغذاء من المعدة إلى الاثنى عشر حتى بعد قطع الاتصال العصبى بين البنكرياس وغيره من الأعضاء.
- استنتج أن هناك نوعًا من التنبيه غير العصبى.
- توصل إلى أن الغشاء المخاطى المبطن للاثنى عشر يفرز مواد (رسائل كيميائية) تسرى فى تيار الدم حتى تصل إلى البنكرياس فتنبهه إلى إفراز عصارته الهاضمة.

* أطلق على هذه الرسائل الكيميائية اسم «الهرمونات» (لفظ يونانى معناه المواد المنشطة).

٣ الدراسات الحديثة

* بتوالى الدراسات واتساع ميدان البحث العلمى أمكن التعرف على الغدد الصماء فى جسم الإنسان وعلى الهرمونات الخاصة بكل غدة.
* **سندرس فيما يلى التنظيم (التنسيق) الهرمونى فى الإنسان كنموذج يمثل قمة التطور.**

التنظيم الهرمونى فى الإنسان

* توصل العلماء إلى معرفة الكثير من وظائف الهرمونات والغدد الصماء حيث تم ذلك عن طريق :
١. دراسة الأعراض التى تظهر على الإنسان أو الحيوان نتيجة تضخم غدة صماء أو استئصالها.
٢. دراسة التركيب الكيميائى لخلاصة الغدة والتعرف على أثرها فى العمليات الحيوية المختلفة.

خصائص الهرمونات

* **تتميز الهرمونات بعدة خصائص من أهمها، أنها :**
١. مواد كيميائية عضوية بعضها يتكون من البروتين المعقد وبعضها الآخر من مركبات بسيطة كالأحماض الأمينية أو الإستيرويدات (مواد دهنية).
٢. تُفرز بكميات قليلة تقدر بالميكروجرام (١/١٠٠٠ ملليجرام).

٣ ذات أهمية كبيرة فى حياة الإنسان والتى تتمثل فى أداء **الوظائف التالية** :

- اتزان الوضع الداخلى للجسم وتنظيمه (الاتزان الداخلى).
- نمو الجسم.
- النضج الجنسى.
- التمثيل الغذائى (عملية الأيض وتشمل عمليتى البناء والهدم).
- سلوك الإنسان ونموه العاطفى والتفكيرى.

أضف إلى معلوماتك

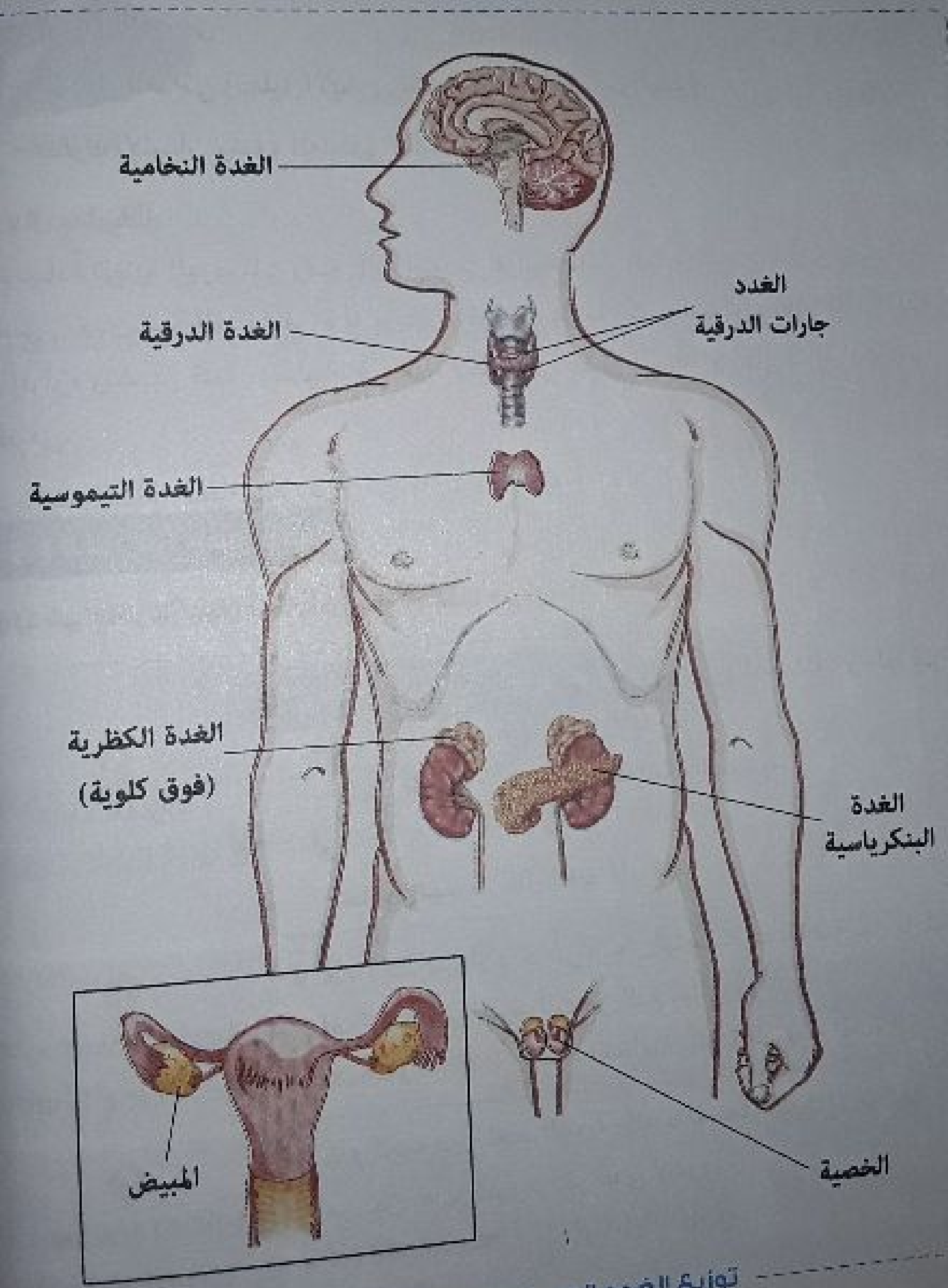
يتم عادةً تنظيم الهرمونات وفق آلية التغذية الراجعة السلبية فعندما ينخفض مستوى هرمون معين تبدأ الغدة المُفرزة له بزيادة إفرازه وعندما يكون مستواه عاليًا تقلل الغدة من إفرازه وتشير كلمة «سلبية» فى هذه الحالة إلى عكس الحالة أو إعادتها إلى وضعها الطبيعى.

أنواع الغدد فى جسم الإنسان

* **يوجد فى جسم الإنسان ثلاثة أنواع من الغدد، هى :**

١ **الغدد القنوية** Exocrine Glands	* غدد ذات إفراز خارجى وتحتوى على الجزء المُفرز ولها قنوات خاصة بها، تصب فيها إفرازاتها إما : - **داخل الجسم** : مثل الغدد اللعابية والهضمية. **أو** - **خارج الجسم** : مثل الغدد العرقية.
٢ **الغدد الصماء (اللاقنوية)** Endocrine Glands	* غدد ذات إفراز داخلى ليس لها قنوات خاصة بها، بل تصب إفرازاتها من الهرمونات فى الدم مباشرةً. * **من أهم أمثلتها :** الغدة النخامية، الغدة الدرقية، الغدة الكظرية.
٣ **الغدد المختلطة (المشتركة)** Mixed Glands	* غدد تجمع بين الغدد القنوية والغدد الصماء، حيث إن تركيبها يتكون من جزء غدى قنوى وآخر غدى لاقنوى. * **من أهم أمثلتها :** البنكرياس، الخصية.

* الشـكل والمخطط التاليان يوضحان أن جسـم الإنسان يحتوى على مجموعة من الغدد الصماء موزعـة فـى أماكن متفرقة من الجسـم، لكل منها إفـراز خاص بها يحوى هرمونًـا واحدًا أو مجموعة هرمونات :

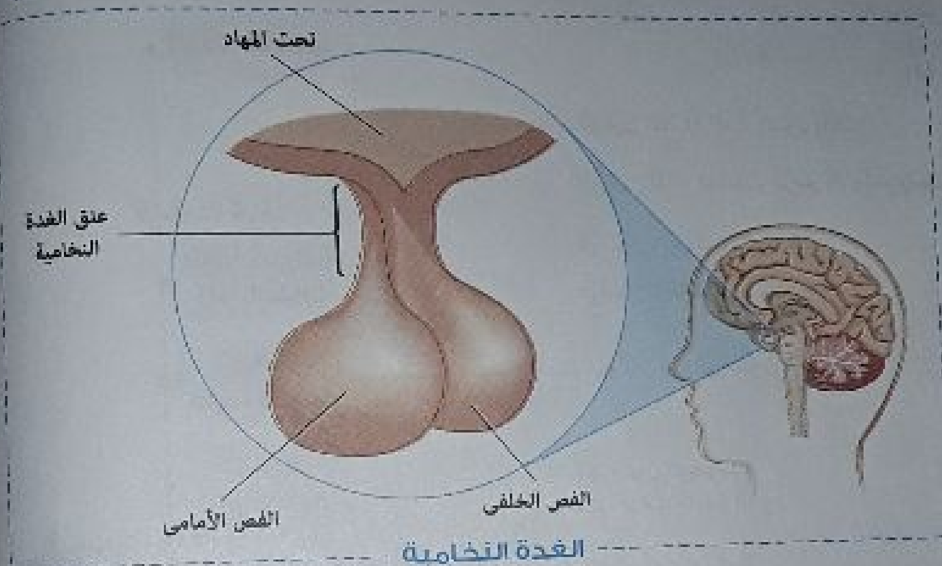


توزيع الغدد الصماء فى جسم الإنسان


الغدد الصماء فى جسم الإنسان
الغدة النخامية
الجزء الغدى
هرمون النمو (GH)
هرمونات منبهة لـ
الغدة الدرقية (TSH)
قشرة الغدة الكظرية (ACTH)
إفراز اللبن (البرولاكتين)
المناسل
FSH
LH
الجزء العصبى
الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH)
الهرمون المنبه لعضلات الرحم (الأوكسيتوسين)
الغدة الدرقية (غدة النشاط)
هرمون الثيروكسين
هرمون الكالسيتونين
الغدد جارات الدرقية
هرمون الباراثورمون
الغدة التيموسية
هرمون التيموسين
سنتم دراسته بالفصل الرابع
الغدتان الكظريتان (غدتا الانفعال)
القشرة
الهرمونات السكرية
هرمون الكورتيزون
هرمون الكورتيكوستيرون
الهرمونات المعدنية
مثل
هرمون الألدوستيرون
الهرمونات الجنسية
النخاع
هرمون الأدرينالين
هرمون النورأدرينالين
البنكرياس (جزر لانجرهانز)
خلايا ألفا
هرمون الجلوكاجون
خلايا بيتا
هرمون الأنسولين
الغدد التناسلية (المناسل)
الخصية
هرمون التستوستيرون
هرمون الأندروستيرون
المبيض
هرمون الإستروجين
هرمون البروجسترون
غدد الغشاء المخاطى المبطن للقناة الهضمية
المعدة
هرمون الجاسترين
الأمعاء الدقيقة
هرمون السكريتين
هرمون الكوليسيستوكينين

أولاً الغدة النخامية Pituitary Gland





الغدة النخامية

* تُعتبر الغدة النخامية سيدة الغدد أو المايسترو وذلك لأنها تتحكم فى جهاز الغدد الصماء عن طريق الهرمونات التى تفرزها وتؤثر فى إفراز معظم الغدد الصماء.

* **الموقع :** توجد أسفل المخ، وتتصل بمنطقة تحت المهاد (الهيبوثالامس).

* **التركيب :** تتركب من جزئين، هما :

أ الجزء الغدى : يتكون من الفص الأمامى والفص الأوسط.

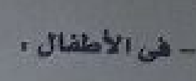
ب الجزء العصبى : يتكون من الفص الخلفى وجزء من المخ المعروف بالقمع أو العنق العصبى

أ هرمونات الجزء الغدى Adenohypophysis Hormones

١ هرمون النمو «GH» Growth Hormone

* **وظيفته :** يتحكم فى عمليات الأيض وخاصةً تصنيع البروتين، وبذلك يتحكم فى نمو الجسم

* **النقص أو الزيادة فى إفراز الهرمون** يسبب حالة مرضية تعتمد على المرحلة العمرية للمريض



- في الأطفال :

• نقص الإفراز يسبب «القزامة **Dwarfism**».

• زيادة الإفراز تسبب «العملقة **Gigantism**».

- في البالغين :

زيادة الإفراز تسبب حالة «الأكروميجالي **Acromegaly**» والتي تتميز بتجديد نمو الأجزاء البعيدة في العظام الطويلة (كالأيدي والأقدام والأصابع) وتضخم عظام الوجه.

٢ الهرمونات المنبهة للغدد Pituitary Tropic Hormones

* **مجموعة من الهرمونات تؤثر على نشاط بعض الغدد الصماء الأخرى، وتشمل :**

١ الهرمون المنبه للغدة الدرقية Thyroid Stimulating Hormone (TSH)

٢ الهرمون المنبه لقشرة الغدة الكظرية Adrenocorticotropic Hormone (ACTH)

٣ الهرمون المنبه لإفراز اللبن (البرولاكتين Prolactin) : يعمل على إفراز اللبن من الغدد الثديية.

٤ الهرمونات المنبهة للمناسل Gonadotropic Hormones، وتشمل الهرمونات التالية :

	في الأنثى	في الذكر
الهرمون المنبه لتكوين الدويصلة «FSH» Follicle - Stimulating Hormone	يعمل على نمو الحويصلات في المبيض وتحويلها إلى حويصلة جراف	يساعد على تكوين الأنيبيبات المنوية وتكوين الحيوانات المنوية في الخصية
الهرمون المنبه لتكوين الجسم الأصفر «LH» Luteinizing Hormone	يحفز تكوين الجسم الأصفر	مسئول عن تكوين وإفراز الخلايا البينية في الخصية

ملحوظة

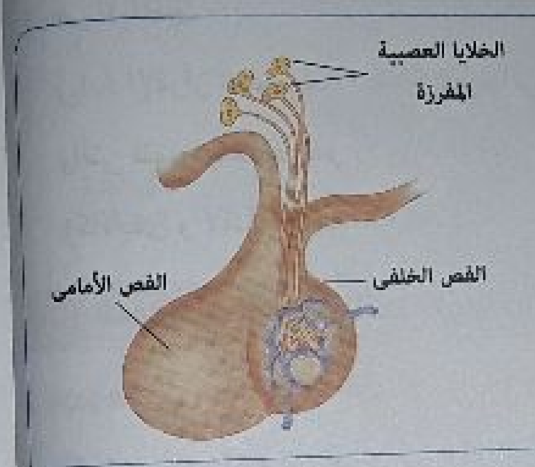
هرمون FSH وهرمون LH ضروريان لاكتمال عملية التكوين الجنسي للفرد.

ب هرمونات الجزء العصبى Neurohypophysis Hormones

* **مكان إفرازها :** تفرزها خلايا عصبية توجد فى منطقة تحت المهاد (الهيبوثالامس) بالمخ والتى تعرف بـ «الخلايا العصبية المفرزة».

• الخلايا العصبية المفرزة

خلايا عصبية توجد فى منطقة تحت المهاد (الهيبوثالامس) بالمخ وتقوم بإفراز هرمونات الجزء العصبي من الغدة النخامية والتى تصل إلى الفص الخلفى للغدة النخامية.



* تصل الهرمونات المفرزة إلى الفص الخلفى للغدة النخامية، وهى تشمل الهرمونات التالية :

١ الهرمون المضاد لإدرار البول «ADH» Antidiuretic Hormone (الهرمون القابض للأوعية الدموية «ڤازوبريسين Vasopression H.»)

* **وظيفته :**

١ يعمل على تقليل كمية البول عن طريق إعادة امتصاص الماء فى النفرون.

٢ يعمل على رفع ضغط الدم.

٢ الهرمون المنبه لعضلات الرحم «الأوكسيتوسين Oxytocin Hormone»

* **وظيفته :**

١ له علاقة مباشرة بعملية تنظيم تقلصات الرحم ويزيدها بشدة أثناء عملية الولادة من أجل إخراج الجنين (لهذا غالبًا ما يستخدمه الأطباء للإسراع فى عمليات الولادة).

٢ له أثرًا مشجعًا فى اندفاع (نزول) الحليب من الغدد اللبنية بعد الولادة استجابة لعملية الرضاعة.



* مما سبق يمكن تلخيص هرمونات الغدة النخامية فى المخطط التالى :



ثانيًا الغدة الدرقية (غدة النشاط) Thyroid Gland





الغدة الدرقية

* **الموقع :** توجد فى الجزء الأمامى من الرقبة، ملاصقة للقصبة الهوائية.
* **الوصف :** – غدة حويصلية تميل إلى اللون الأحمر.
  – محاطة بغشاء من نسيج ضام. – تتكون من فصين بينهما برزخ.
* **الوظيفة :** تفرز هرمونين هامين بالنسبة للجسم، هما :

❶ **هرمون الثيروكسين Thyroxin** (لابد من وجود عنصر اليود لتكوينه) الذى يقوم بعدة وظائف فى الجسم، منها أنه :

(١) يعمل على نمو وتطور القوى العقلية والبدنية.

(٢) يؤثر على معدل الأيض الأساسى ويتحكم فيه.

(٣) يحفز امتصاص السكريات الأحادية من القناة الهضمية.

(٤) يحافظ على سلامة الجلد والشعر.

❷ **هرمون الكالسيتونين Calcitonin** الذى يعمل على :

تقليل نسبة الكالسيوم فى الدم ويمنع سحبه من العظام.

* **أمراض الغدة الدرقية :**

تنشأ بعض الحالات المرضية نتيجة نقص أو زيادة إفراز الغدة الدرقية لهرمون الثيروكسين، مثل ما يسمى بـ «التضخم» وهو نوعين :



أ التضخم البسيط (الجويتر البسيط) : وهو التضخم الناتج عن **نقص** إفراز هرمون الثيروكسين.

ب التضخم الجحوظى (الجويتر الجحوظى) : وهو التضخم الناتج عن **زيادة** إفراز هرمون الثيروكسين.

أ التضخم البسيط (الجويتر البسيط Simple Goiter)

* **السبب :** نقص إفراز هرمون الثيروكسين نتيجة نقص اليود فى الغذاء والماء والهواء.

* **العلاج :** إضافة اليود إلى الملح والأغذية المختلفة.

* **المضاعفات الناتجة عن النقص الحاد فى إفراز هرمون الثيروكسين :**

١ مرض القماءة Cretinism :

- **السبب :** نقص حاد فى إفراز هرمون الثيروكسين فى **الأطفال**.
- **الأعراض :** يؤثر النقص الحاد فى إفراز هرمون الثيروكسين على كل من :
  (١) **النمو الجسمى :** فيكون الجسم قصير والرأس كبيرة والرقبة قصيرة.
  (٢) **النضج العقلى :** قد يسبب له تخلف عقلى.
  (٣) **النضج الجنسى :** قد يسبب له تأخر النضج الجنسى.

٢ مرض الميكسوديما Myxoedema :

- **السبب :** نقص حاد فى إفراز هرمون الثيروكسين فى البالغين.
- **الأعراض :**
  (١) جفاف الجلد وتساقط الشعر.
  (٢) هبوط مستوى التمثيل الغذائى لدرجة عدم تحمل الفرد البرودة.
  (٣) زيادة فى وزن الجسم لدرجة السمنة المفرطة.
  (٤) قلة ضربات القلب.
  (٥) الشعور السريع بالتعب.
- **علاجه :** يتم العلاج بهرمونات الغدة الدرقية أو مستخلصاتها وذلك تحت إشراف طبى متخصص.

أضف إلى معلوماتك

كلمة ميكسوديما تعنى الاستسقاء المخاطى وأصلها كلمة يونانية حيث يعنى الجزء (myx) مخاط ويعنى الجزء (edema) تورم حيث تتراكم المواد المخاطية تحت الجلد.

ب التضخم الجحوظى (الجويتر الجحوظى Exophthalmic Goiter)


التضخم الجحوظى

* **السبب :** الإفراط فى إفراز هرمون الثيروكسين.
* **الأعراض :** (١) تضخم ملحوظ للغدة الدرقية وانتفاخ الجزء الأمامى من الرقبة مع جحوظ العينين.
  (٢) زيادة فى أكسدة الغذاء لدرجة عدم تحمل الفرد للحرارة.
  (٣) نقص فى وزن الجسم.
  (٤) زيادة في ضربات القلب.
  (٥) تهيج عصبى.
* **العلاج :** يتم العلاج بإحدى الطريقتين التاليتين :
  - استئصال جزء من الغدة الدرقية.
  - استخدام مركبات طبية خاصة.

ثالثًا الغدد جارات الدرقية Parathyroid Glands



* **الموقع :** تتكون من أربعة أجزاء منفصلة، اثنتان على كل جانب من الغدة الدرقية.
* **الوظيفة :** تفرز هرمون «الباراثورمون Parathormone» :
  - **وظيفة هرمون الباراثورمون :**
    ١ يلعب دورًا هامًا بالاشتراك مع هرمون الكالسيتونين (المُفرز من الغدة الدرقية) فى الحفاظ على المعدل الطبيعى لمستوى الكالسيوم فى الدم.
    ٢ تعتمد كمية هرمون الباراثورمون على نسبة الكالسيوم فى الدم حيث يزداد إفرازه عند انخفاض نسبة الكالسيوم فى الدم لكى يعمل على سحبه من العظام.
  - **زيادة إفراز هرمون الباراثورمون تسبب :**
    ارتفاع نسبة الكالسيوم فى الدم نتيجة سحبه من العظام مما يؤدى إلى هشاشة العظام وتعرضها للانحناء والكسر بسهولة.

الغدد جارات الدرقية
الغدة الدرقية

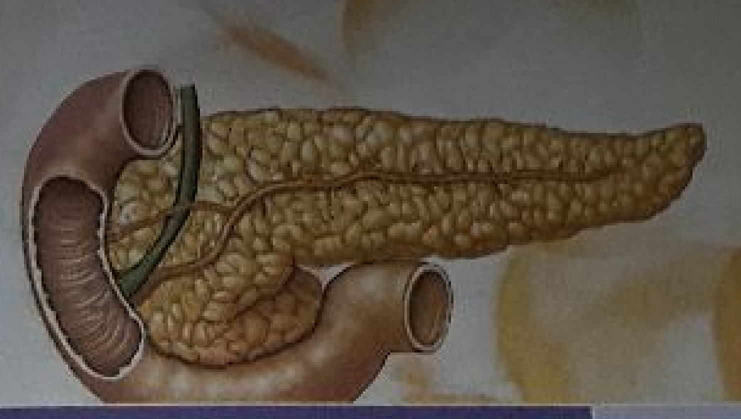
الغدد جارات الدرقية

- نقص إفراز هرمون الباراثورمون يسبب :

١ نقص نسبة الكالسيوم فى الدم.
٢ سرعة الانفعال والغضب والثورة لأقل سبب.
٣ تشنجات عضلية مؤلمة.

* المخطط التالى يوضح دور هرمونى الكالسيتونين والباراثورمون فى تنظيم نسبة الكالسيوم فى الدم :

أسئلة الدرس انظر كتاب الأسئلة



الفصل 2 | الدرس الثانى

تابع الغدد فى الإنسان

رابعًا: الغدتان الكظريتان (فوق الكلوية) «غدتا الانفعال» Adrenal (Suprarenal) Glands

* **الموقع :** غدتان تقع كل منهما فوق إحدى الكليتين.
* **التركيب :** تتركب كل غدة من منطقتين متميزتين من الناحية التشريحية والفسيولوجية، وهما :
  - الجزء الخارجي يسمى «القشرة Cortex».
  - الجزء الداخلى يسمى «النخاع Medulla».
* تختلف الهرمونات التى تفرزها القشرة عن الهرمونات التي يفرزها النخاع، وهي كالتالى :

الغدة الكظرية
الكلية
القشرة
النخاع

أ هرمونات القشرة

* تفرز قشرة الغدد الكظرية العديد من الهرمونات تعرف بمجموعة «الستيرويدات Steroids» والتى يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات كالتالى :

١ مجموعة الهرمونات السكرية Glucocorticoids

* **تشمل :** هرمون الكورتيزون Cortison وهرمون الكورتيكوستيرون Corticosterone
* **الوظيفة :** تنظيم أيض المواد الكربوهيدراتية (السكريات - النشويات) بالجسم.

٢ مجموعة الهرمونات المعدنية Mineralocorticoids

* **منها :** هرمون **الألدوستيرون Aldosterone**

* **الوظيفة :** له دور هام فى الحفاظ على توازن المعادن بالجسم، **فمثلًا** يساعد على إعادة امتصاص الأملاح، مثل الصوديوم والتخلص من البوتاسيوم الزائد عن طريق الكليتين.

٣ مجموعة الهرمونات الجنسية Sex Hormones

* هرمونات لها نشاط مشابه للهرمونات الذكرية **(التستوستيرون)** والهرمونات الأنثوية **(الإستروچين والبروچسترون)** التى تفرزها الغدد الجنسية.

* **إذا** حدث خلل بين توازن هذه الهرمونات والهرمونات الجنسية المفرزة من الغدد المختصة، **يؤدى ذلك إلى :**
  - ظهور صفات وعوارض الذكورة فى الإناث البالغة.
  - ظهور صفات وعوارض الأنوثة فى الذكور البالغين.
  - ضمور الغدد الجنسية فى كلا الجنسين (فى حالة حدوث تورم لقشرة الغدة).

ب هرمونات النخاع



* يفرز النخاع هرمونين، هما: **الأدرينالين Adrenaline**، **النورأدرينالين Noradrenaline** (هرمونى النجدة والطوارئ).

* **الوظيفة :** يقوم الهرمونان بعدة وظائف حيوية فى حالة الطوارئ التى يوضع فيها الجسم، (**مثل :** الخوف، الإثارة، القتال، الهروب)، **حيث يعملان على :**

١ زيادة نسبة السكر فى الدم عن طريق تحلل الجليكوچين المُخزن فى الكبد إلى جلوكوز.

٢ زيادة قوة وسرعة انقباض القلب.

٣ رفع ضغط الدم.

ونتيجة للتغيرات السابقة تحصل عضلات الجسم على الطاقة اللازمة للانقباض مع زيادة استهلاك الأكسچين (يظهر ذلك بوضوح أثناء تأدية التمرينات الرياضية).



خامسًا البنكرياس Pancreas

* يعتبر البنكرياس من الغدد المشتركة (المختلطة) التى تجمع بين الغدد القنوية (ذات الإفراز الخارجى) والغدد اللاقنوية (الصماء) حيث إنه :

١ يصب إنزيماته الهاضمة التى تفرزها خلايا حويصلية فى الاثنى عشر وذلك عن طريق القناة البنكرياسية (أى أنه يعمل كغدة قنوية).

قناة بنكرياسية

خلايا قنيات العصارة البنكرياسية

خلايا بيتا

خلايا ألفا

جزر لانجرهانز

البنكرياس وجزر لانجرهانز

٢ يفرز هرموناته فى الدم مباشرةً وذلك من خلايا غدية صغيرة متخصصة تُعرف بـ «جزر لانجرهانز Islets of Langerhans» (أى أنه يعمل كغدة صماء).

* **أنواع الخلايا فى جزر لانجرهانز :**

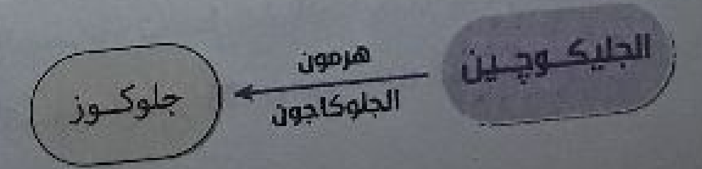
يمكن التمييز بين نوعين من الخلايا فى جزر لانجرهانز هما :

أ خلايا ألفا Alpha cells

* عددها قليل وتفرز هرمون الجلوكاجون **Glucagon**

* **وظيفة هرمون الجلوكاجون :**

يعمل على رفع تركيز سكر الجلوكوز فى الدم وذلك عن طريق تحويل الجليكوچين المُخزن بالكبد فقط إلى جلوكوز.



ب خلايا بيتا Beta cells

* تمثل غالبية خلايا جزر لانجرهانز وتفرز هرمون الأنسولين **Insulin**
* **وظيفة هرمون الأنسولين :** يعمل على خفض تركيز سكر الجلوكوز فى الدم وذلك عن طريق :

١ مرور السكريات الأحادية (ماعدا الفركتوز) من خلال غشاء الخلية إلى داخلها والحث على أكسدة الجلوكوز فى خلايا وأنسجة الجسم المختلفة.

٢ التحكم فى العلاقة بين الجليكوچين المُخزن والجلوكوز المنفرد فى الدم، حيث يحفز تحول الجلوكوز إلى :
– جليكوچين يُخزن فى الكبد والعضلات.
أو
– مواد دهنية تُخزن فى أنسجة الجسم المختلفة.

ملحوظة
يمر الفركتوز إلى داخل الخلايا دون الحاجة لهرمون الأنسولين.

الجلوكوز ← هرمون الأنسولين:
- جليكوچين ← تخزن فى ← الكبد والعضلات
- مواد دهنية ← تخزن فى ← أنسجة الجسم المختلفة

* **نقص افراز هرمون الأنسولين :** يؤدى إلى حدوث خلل فى أيض كل من الجلوكوز والدهون فى الجسم مما يسبب مرض «البول السكرى **Diabetes Mellitus**».
* **اعراض مرض البول السكرى :**

١ ارتفاع نسبة سكر الجلوكوز فى الدم عن المعدل الطبيعى (يظهر ذلك فى تحاليل الدم).

٢ تعدد التبول والعطش، نتيجة وجود سكر الجلوكوز فى البول (يظهر ذلك فى تحليل البول) الذى يصاحبه إخراج كميات كبيرة من الماء.

٣ إصابة مرضى السكر أحيانًا بغيبوبة السكر.

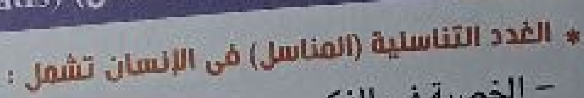
ملاحظات
(١) يعمل هرمون الجلوكاجون بطريقة عكس هرمون الأنسولين.
(٢) هرمون الجلوكاجون وهرمون الأنسولين لهما علاقة مباشرة باستخدام السكر فى الجسم وبالتالى الحفاظ على المستوى الثابت للسكر فى الدم والذى يبلغ حوالى (٨٠ – ١٢٠ ملليجرام/ ١٠٠سم^{٣}).

أضف إلى معلوماتك
يحقن مريض السكر بالأنسولين ولا يتناوله عن طريق الفم لأن هرمون الأنسولين يتكون من البروتين فإذا تم تناوله عن طريق الفم سيتعرض للهضم بواسطة إنزيمات هضم البروتين فى المعدة والأمعاء قبل أن يصل للدورة الدموية، كما أن حقنه يوفر له الوصول المباشر للدم ليؤثر سريعًا.

* المخطط التالى يوضح دور هرمونى الأنسولين والجلوكاجون فى تنظيم نسبة السكر فى الدم :

أكسدة الجلوكوز
فى خلايا وأنسجة الجسم
يحث على
الأنسولين
يحفز
تحويل
جليكوجين
جلوكوز
الكبد
يفرز
هرمون
البنكرياس
يؤدى إلى خفض مستوى السكر ليصل إلى
عند ارتفاع نسبة
السكر فى الدم
المستوى الطبيعى للسكر فى الدم (٨٠ - ١٢٠ملجم /١٠٠سم³)
عند انخفاض نسبة
السكر فى الدم
البنكرياس
يفرز هرمون
الجلوكاجون
يحفز
تحويل
جليكوجين
جلوكوز
الكبد
مما يؤدى إلى رفع
مستوى السكر ليصل إلى

سادساً الغدد التناسلية (المناسل)



* الغدد التناسلية (المناسل) فى الإنسان تشمل :
- الخصية فى الذكر.
- المبيض فى الأنثى.

* وظيفتها :

١ تكوين الجاميتات الذكرية (الحيوانات المنوية) والجاميتات الأنثوية (البويضات) (وظيفة أساسية).

٢ تفرز مجموعة من **الهرمونات الجنسية** المسئولة عن نمو الأعضاء التناسلية وظهور الصفات الجنسية **وهى تتميز إلى نوعين، هما :**

أ الهرمونات الجنسية الذكرية Male sex Hormones

* تُعرف الهرمونات الذكرية بـ «الأندروچينات Androgens»، وتشمل هرمونين، هما :

1. هرمون التستوستيرون Testosterone
2. هرمون الأندروستيرون Androsterone

* **مكان الإفراز :** تُفرز من الخلايا البينية فى الخصية.
* **الوظيفة :** – نمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين.
– ظهور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر.

ب الهرمونات الجنسية الأنثوية Female sex Hormones

1. بعض الهرمونات الجنسية الأنثوية والتى تعرف بـ «الإستروچينات Oestrogenes» وتشمل هرمونين، هما :

	مكان الإفراز	الوظيفة
هرمون الإستروچين Oestrogen (الإستراديول Oestradiol)	يُفْرَز من حويصلات جراف فى المبيض	* يعمل على ظهور الخصائص الجنسية الثانوية فى الأنثى، مثل : كبر الغدد الثديية وتنظيم الطمث (الدورة الشهرية).
هرمون البروچسترون Progesterone	يُفْرَز من الجسم الأصفر فى المبيض والمشيمة فى الرحم	* يعمل على تنظيم دورة الحمل، حيث : – ينظم التغيرات الدموية فى الغشاء المبطن للرحم ليعده لاستقبال البويضة وزرعها. – ينظم التغيرات التى تحدث فى الغدد الثديية أثناء الحمل.

2. هرمون الريلاكسين Relaxin :

* **مكان الإفراز :** يُفْرَز من الجسم الأصفر فى المبيض والمشيمة وبطانة الرحم.
* **الوظيفة :** يزيد إفرازه عند نهاية فترة الحمل فيعمل على ارتخاء الارتفاق العانى لتسهيل عملية الولادة.

سابعًا هرمونات القناة الهضمية Gastrointestinal Hormones

* الغشاء المخاطى المبطن للقناة الهضمية :
- يحتوى على غدد تفرز العصارة الهاضمة.
- يقوم بإفراز مجموعة من الهرمونات تعمل على تنشيط غدد القناة الهضمية لإفراز الإنزيمات الهاضمة وعصاراتها المختلفة، مثل :

١ هرمون **الجاسترين** الذى يفرز من المعدة وينتقل خلال الدم إلى المعدة مرة أخرى ليحثها على إفراز العصير المعدى.

٢ هرمونى **السكيرتين Secretin** والكوليسيستوكينين **Cholecystokinin** اللذان يُفرزان من الأمعاء الدقيقة وينتقلا عبر الدم إلى البنكرياس ليحثانه على إفراز العصارة البنكرياسية.

★ **يمكن تلخيص ما سبق دراسته فيما يلى :**

١ الهرمونات ومكان افرازها ووظائفها

الهرمون	مكان الإفراز	الوظيفة
الأوكسينات (الهرمونات النباتية)	الخلايا الحية فى القمم النامية والبراعم النباتية	* تنظم تتابع نمو الأنسجة وتنوعها. * تؤثر على النمو بالتنشيط أو التثبيط. * تتحكم فى موعد تفتح الأزهار وتساقط الأوراق ونضج الثمار وتساقطها. * تؤثر على العمليات الوظيفية فى جميع خلايا وأنسجة النبات. * تمكن الإنسان من التحكم فى إخضاع نمو النبات.
الهرمونات فى الإنسان	الغدد الصماء والمشتركة	* اتزان الوضع الداخلى للجسم وتنظيمه. * نمو الجسم. * النضج الجنسى. * التمثيل الغذائى. * سلوك الفرد ونموه العاطفى والتفكيرى.
هرمون النمو «GH»	الفص الأمامى للغدة النخامية (الجزء الغدى)	* التحكم فى عمليات الأيض (التمثيل الغذائى) وخاصةً تصنيع البروتين وبذلك يتحكم فى نمو الجسم.

هرمون TSH	الفص الأمامى للغدة النخامية (الجزء الغدى)	* تنبيه الغدة الدرقية لإفراز هرموناتها.
هرمون ACTH	الفص الأمامى للغدة النخامية (الجزء الغدى)	* تنبيه قشرة الغدة الكظرية لإفراز هرموناتها.
الهرمون المنبه لتكوين الحويصلة «FSH»	الفص الأمامى للغدة النخامية (الجزء الغدى)	* **فى الأنثى** يعمل على نمو الحويصلات فى المبيض وتحويلها إلى حويصلة جراف. * **فى الذكر** يساعد على تكوين الأنيبيبات المنوية وتكوين الحيوانات المنوية فى الخصية.
الهرمون المنبه لتكوين الجسم الأصفر «LH»	الفص الأمامى للغدة النخامية (الجزء الغدى)	* **فى الأنثى** يحفز تكوين الجسم الأصفر. * **فى الذكر** مسئول عن تكوين وإفراز الخلايا البينية فى الخصية. **هرمون FSH، وهرمون LH ضروريان لاكتمال عملية التكوين الجنسى للفرد.**
الهرمون المنبه لإفراز اللبن (البرولاكتين)	الفص الأمامى للغدة النخامية (الجزء الغدى)	* يعمل على إفراز اللبن من الغدد الثديية.
الهرمون المضاد لإدرار البول «ADH» أو الهرمون القابض للأوعية الدموية	الجزء العصبى من الغدة النخامية (الخلايا العصبية المفرزة الموجودة فى منطقة تحت المهاد «الهيبوثالامس»)	* يعمل على تقليل كمية البول عن طريق إعادة امتصاص الماء فى النفرون. * يعمل على رفع ضغط الدم.
الهرمون المنبه لعضلات الرحم (الأوكسيتوسين)	الجزء العصبى من الغدة النخامية (الخلايا العصبية المفرزة الموجودة فى منطقة تحت المهاد «الهيبوثالامس»)	* له علاقة مباشرة بعملية تنظيم تقلصات الرحم ويزيدها بشدة أثناء عملية الولادة من أجل إخراج الجنين. * له أثر مشجع فى اندفاع (نزول) الحليب من الغدد اللبنية بعد الولادة استجابة لعملية الرضاعة.

الثيروكسين	الغدة الدرقية	* يعمل على نمو وتطور القوى العقلية والبدنية. * يؤثر على معدل الأيض الأساسي ويتحكم فيه. * يحفز امتصاص السكريات الأحادية من القناة الهضمية. * يحافظ على سلامة الجلد والشعر.
الكالسيتونين	الغدة الدرقية	* يعمل على تقليل نسبة الكالسيوم فى الدم ويمنع سحبه من العظام.
الباراثورمون	الغدد جارات الدرقية	* يساهم مع هرمون الكالسيتونين فى الحفاظ على المعدل الطبيعى لمستوى الكالسيوم فى الدم. * تعتمد كمية هرمون الباراثورمون على نسبة الكالسيوم فى الدم حيث يزداد إفرازه عند انخفاض نسبة الكالسيوم فى الدم لكى يعمل على سحبه من العظام.
الهرمونات السكرية (الكورتيزون والكورتيكوستيرون)	قشرة الغدة الكظرية	* تنظم أيض المواد الكربوهيدراتية (السكريات - النشويات) بالجسم.
الهرمونات المعدنية (الألدوستيرون)	قشرة الغدة الكظرية	* لها دور هام فى الحفاظ على توازن المعادن بالجسم، **فمثلاً** تعمل على إعادة امتصاص الأملاح، مثل الصوديوم والتخلص من البوتاسيوم الزائد عن طريق الكليتين.
الهرمونات الجنسية للغدة الكظرية	قشرة الغدة الكظرية	* لها نشاط مشابه للهرمونات الذكرية (التستوستيرون) والهرمونات الأنثوية (الإستروچين والبروچسترون) التى تفرزها الغدد الجنسية.
الأدرينالين والنورأدرينالين (هرمونى النجدة والطوارئ)	نخاع الغدة الكظرية	* يقوم الهرمونان بعدة وظائف حيوية فى حالة الطوارئ التى يوضع فيها الجسم، مثل الخوف والإثارة والقتال والهروب **حيث يعملان على :** ① زيادة نسبة السكر فى الدم عن طريق تحلل الجليكوچين المُخزن فى الكبد إلى جلوكوز. ② زيادة قوة وسرعة انقباض القلب. ③ رفع ضغط الدم. ونتيجة للتغيرات السابقة تحصل عضلات الجسم على الطاقة اللازمة للانقباض مع زيادة استهلاك الأكسچين (يظهر ذلك بوضوح أثناء تأدية التمرينات الرياضية).



الجلوكاجون	خلايا ألفا بجزر لانجرهانز بالبنكرياس	* يعمل على رفع تركيز سكر الجلوكوز فى الدم (على عكس هرمـون الأنسـولين) وذلك عن طريق تحويـل الجليكوچين المُخزن بالكبد فقط إلى جلوكوز. * يساهم مع الأنسولين فى المحافظة على المستوى الثابت للسكر فى الدم (والذى يبلغ حوالى ٨٠ - ١٢٠ ملليجرام / ١٠٠ سم³).
الأنسولين	خلايا بيتا بجزر لانجرهانز بالبنكرياس	* يعمل على خفض تركيز سكر الجلوكوز فى الدم، **وذلك عن طريق :** ١ مرور السـكريات الأحادية (ماعدا الفركتوز) من خلال غشـاء الخلية إلى داخلها والحث على أكسدة الجلوكوز فى خلايا وأنسجة الجسم المختلفة. ٢ التحكـم فى العلاقة بين الجليكوچين المُخزن والجلوكوز المنفـرد فـى الدم، حيـث يحفز تحـول الجلوكـوز إلى جليكوچـين يُخـزن فى الكبد والعضـلات أو إلى مواد دهنية تُخزن فى أنسجة الجسم الأخرى.
التستوستيرون والأندروستيرون	الخلايا البينية بالخصية	* نمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين. * ظهور الصفات الجنسية الثانوية فى الذكر.
الإستروچين (الإستراديول)	حويصلات جراف فى المبيض	* ظهـور الخصائص الجنسـية الثانوية فى الأنثى، مثل كبر الغدد الثديية وتنظيم الطمث (الدورة الشهرية).
البروچسترون	الجسم الأصفر فى المبيض والمشيمة فى الرحم	* يعمل على تنظيم دورة الحمل، **حيث :** ١ ينظم التـغـيرات الـدمويـة فـى الغشـاء المبطـن للرحم ليعده لاستقبال البويضة وزرعها. ٢ ينظم التغيرات التى تحدث فى الغدد الثديية أثناء الحمل.
الريلاكسين	الجسم الأصفر فى المبيض والمشيمة وبطانة الرحم	* يزيد إفرازه عند نهاية فترة الحمل فيعمل على ارتخاء الارتفاق العانى لتسهيل عملية الولادة.
الجاسترين	الغشاء المخاطى المبطن للمعدة	* ينتقل خلال الدم إلى المعدة مرة أخرى ليحثها على إفراز العصير المعدى.
السكيرتين والكوليسيستوكينين	الغشاء المخاطى المبطن للأمعاء الدقيقة	* ينتقلان عبر الدم إلى البنكرياس ليحثانه على إفراز العصارة البنكرياسية.

٢ هرمونات حفظ الاتزان الداخلى للجسم

الهرمون	الوظيفة
١ الهرمون المضاد لإدرار البول (ADH)	تقليل كمية البول عن طريق إعادة امتصاص الماء فى النفرون مما يحافظ على نسبة الماء فى الجسم
٢ الكالسيتونين ٣ الباراثورمون	لهما دور هام فى الحفاظ على المعدل الطبيعى لمستوى الكالسيوم فى الدم
٤ الألدوستيرون	له دور هام فى الحفاظ على توازن المعادن بالجسم، فمثلًا يساعد على إعادة امتصاص الأملاح كالصوديوم والتخلص من البوتاسيوم الزائد عن طريق الكليتين
٥ الأنسولين ٦ الجلوكاجون	الحفاظ على المستوى الثابت لسكر الجلوكوز فى الدم والذى يبلغ حوالى (٨٠-١٢٠ ملليجرام / ١٠٠سم٣)

٣ هرمونات التمثيل الغذائى (عمليات الأيض)

الهرمون	الوظيفة
١ هرمون النمو (GH)	التحكم فى عمليات الأيض وخاصةً تصنيع البروتين وبالتالى التحكم فى نمو الجسم
٢ الثيروكسين	التحكم فى معدل الأيض الأساسى بالجسم
٣ الكورتيزون ٤ الكورتيكوستيرون	تنظيم أيض المواد الكربوهيدراتية (السكريات والنشويات) بالجسم
٥ الأنسولين	* الحث على أكسدة الجلوكوز فى خلايا وأنسجة الجسم المختلفة (عملية هدم). * يحفز تحويل الجلوكوز إلى جليكوجين يخزن فى الكبد والعضلات أو إلى مواد دهنية تخزن فى أنسجة الجسم المختلفة (عملية بناء).



٤ هرمونات تؤثر على الغدد الثديية فى أنثى الإنسان

الهرمون	الوظيفة
❶ الإستروچين	كبر الغدد الثديية
❷ البروچسترون	تنظيم التغيرات التى تحدث فى الغدد الثديية أثناء الحمل
❸ الهرمون المنبه لعضلات الرحم (الأوكسيتوسين)	له أثر مشجع فى اندفاع (نزول) الحليب من الغدد اللبنية بعد الولادة استجابة لعملية الرضاعة
❹ البرولاكتين	إفراز اللبن من الغدد الثديية

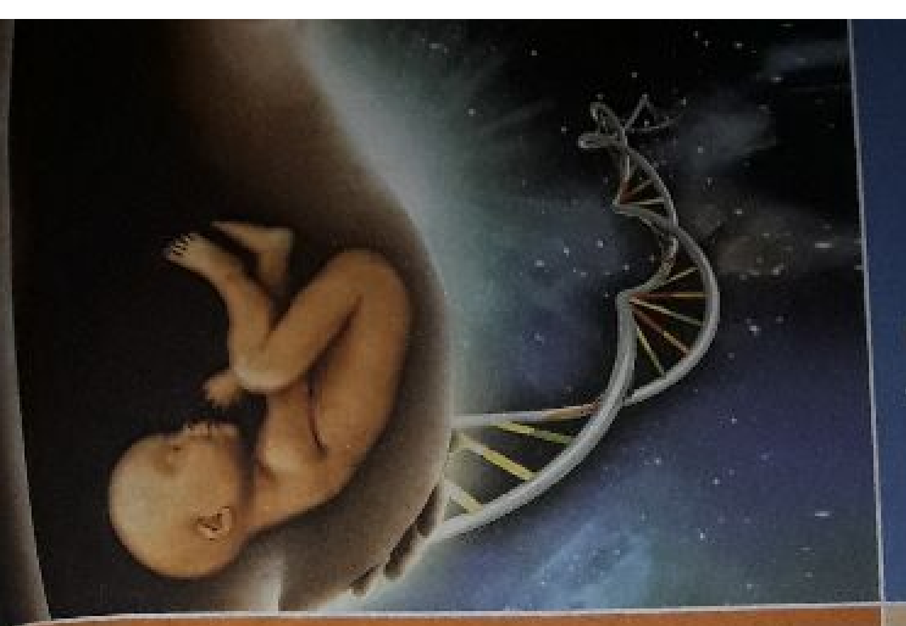
٥ هرمونات النضج الجنسى فى ذكر الإنسان

الهرمون	الوظيفة
❶ FSH	* تكوين الأنيبيبات المنوية فى الخصية. * تكوين الحيوانات المنوية فى الخصية.
❷ LH	* تكوين الخلايا البينية فى الخصية. * تنبيه الخلايا البينية لإفراز هرمونات الذكورة.
❸ التستوستيرون ❹ الأندروستيرون	* نمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين. * ظهور الصفات الجنسية الثانوية فى الذكر عند البلوغ.

٦ هرمونات النضج الجنسى فى أنثى الإنسان

الهرمون	الوظيفة
❶ FSH	إنضاج (نمو) الحويصلات فى المبيض وتحويلها إلى حويصلة جراف (فى مرحلة نضج البويضة)
❷ LH	يسبب انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف (فى مرحلة التبويض)
❸ الإستروچين (الإستراديول)	ظهور الصفات الجنسية الثانوية فى الأنثى عند البلوغ مثل نمو الغدد الثديية وتنظيم الطمث (الدورة الشهرية)

أسئلة الدرس انظر كتاب الأسئلة



الباب الأول

التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل 3

التكاثر فى الكائنات الحية

أهداف الفصل :

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف أهمية التكاثر للأحياء.
- يكتشف قدرات التكاثر بين الأحياء.
- يتعرف طرق التكاثر بين الأحياء لاجنسيًا وجنسيًا.
- يتعرف دورة حياة كل من البلازموديوم المسبب لمرض الملاريا ونبات الفوجير.
- يقارن بين التكاثر اللاجنسى والتكاثر الجنسى.
- يتعرف كيف تتكون البذور والثمار.
- يتعرف مكونات الأجهزة التناسلية المذكرة والمؤنثة فى الإنسان.
- يتعرف مراحل تكوين الحيوان المنوى والبويضة فى الإنسان.
- يتعرف دورة الطمث فى المرأة ودور الهرمونات فى تنظيم هذه الدورة.
- يتعرف كيف يحيا الجنين داخل الرحم ومراحل تكوينه ونموه.
- يكتشف كيف تحدث ظاهرة التوائم وأنواعها.
- يتعرف كل من وسائل منع الحمل ووسائل علاج العقم.
- يتعرف كيفية إخصاب البويضة خارج الجسم (أطفال الأنابيب).
- يقدر جهود العلماء فى التقدم التكنولوجى المرتبط بعملية التكاثر.
- يقدر عظمة الخالق فى توالد الأجيال لتستمر الحياة على سطح الأرض.



الفصل 3 | الدرس الأول

طرق التكاثر فى الكائنات الحية

* تبدأ جميع الأحياء حياتها بالسعى المتواصل لتأمين بقائها كأفراد وتوفير الطاقة اللازمة لنموها حتى مرحلة معينة من خلال القيام بالوظائف الحيوية المختلفة كالتغذية والتنفس والإخراج والإحساس، ثم تسعى لتأمين بقاء أنواعها بالتكاثر فتوجه له معظم طاقاتها وسلوكها.

التكاثر

عملية حيوية يقوم بها الكائن الحى (بعد أن يصل إلى حد معين من النمو) بغرض الحفاظ على نوعه وحمايته من الانقراض وزيادة أعداده.

* تعتمد عملية التكاثر على تأمين جميع الوظائف الحيوية الأخرى للكائن الحى وليس العكس.
* **تتضح أوجه الاختلاف بين عملية التكاثر وبقية الوظائف الحيوية من المقارنة التالية :**

	جميع الوظائف الحيوية (عدا التكاثر)	عملية التكاثر
اهميتها	* ضرورية لاستمرارية حياة الفرد. * تؤمن بقاء الأفراد.	تؤمن استمرار الأنواع على الأرض بعد فناء الأفراد، ولو تعطلت عملية التكاثر بشكل جماعى تؤدى إلى انقراض النوع من الوجود
نتيجة توقفها (بالنسبة للفرد)	يهلك الفرد بسرعة	لا يهلك الفرد حتى لو أزيلت أعضاء التكاثر ويمكنه الاستمرار فى حياته الطبيعية
توقيت اتمامها	منذ بدء حياة الفرد وذلك لتوفير الطاقة اللازمة لاستمرار حياته	بعد الوصول إلى حد معين من النمو يوجه الفرد لها معظم طاقته وسلوكه

* **يتضح مما سبق** أن وظيفة التكاثر أقل أهمية من الوظائف الحيوية الأخرى بالنسبة لحياة الفرد.

قدرات التكاثر بين الأحياء

* تختلف قدرات التكاثر بين الأحياء باختلاف كل من :

1. البيئة المحيطة.

مثال : الأحياء المائية تنتج نسلًا أكثر مما تنتجه أقرانها على اليابسة.

2. طبيعة حياة الكائن الحى وحجم المخاطر التى يتعرض لها.

مثال : الأحياء الطفيلية تنتج نسلًا أكثر مما تنتجه الكائنات الحرة لتعويض الفاقد منها.

3. درجة رقى الكائن الحى وطول عمره.

مثال : الأحياء البدائية أو قصيرة العمر تنتج نسلًا أكثر مما تنتجه الأحياء المتقدمة أو طويلة العمر وذلك لما تلقاه هذه الأحياء من رعاية وحماية من الآباء.

* **يتضح مما سبق أن** الأنواع والأفراد الموجودة فى الوقت الحاضر تعبر عن :
- نجاح أسلافها فى التكاثر.
- تخطى المصاعب التى واجهتها عبر الأجيال المتلاحقة.

مثال : الكائنات المنقرضة، مثل الديناصورات وغيرها من الزواحف العملاقة، لم تنجح فى استمرارية التكاثر، وتخطى المصاعب التى واجهتها عبر الأجيال المتلاحقة.

طرق التكاثر فى الكائنات الحية

* تتكاثر الكائنات الحية بعدة سُبل وأساليب لكى تستمر أنواعها ويمكن تجميع تلك الأساليب فى طريقتين أساسيتين، **هما :** التكاثر اللاجنسى، والتكاثر الجنسى.



طرق التكاثر

أولاً: التكاثر اللاجنسى

- **الانشطار الثنائى**
  - الطحالب البسيطة
  - البكتيريا
  - البراميسيوم
  - الأميبا
- **التبرعم**
  - فى الكائنات وحيدة الخلية (الخميرة)
  - فى الكائنات متعددة الخلايا (الهيدرا - الأسفنج)
- **التجدد**
  - الهيدرا
  - دودة البلاناريا
  - نجم البحر
  - الأسفنج
- **التكاثر بالجراثيم**
  - فطر عفن الخبز
  - فطر عيش الغراب
  - بعض الطحالب والسراخس
- **التوالد البكرى**
  - التوالد البكرى الطبيعى (نحل العسل - حشرة المن)
  - التوالد البكرى الصناعى (نجم البحر - الضفدعة - الأرانب)
- **زراعة الأنسجة**
  - نبات الجزر
  - نبات الطباق

ثانياً: التكاثر الجنسى

- **الاقتران**
  - الأسبيروجيرا
- **التكاثر بالأمشاج الجنسية**
  - تكاثر الأحياء النباتية المتقدمة
  - تكاثر الأحياء الحيوانية المتقدمة

أولا التكاثر اللاجنسى Asexual Reproduction

خصائصه العامة	* يحافظ على ثبات الصفات الوراثية للنوع مهما تغيرت البيئة حوله. * غير مكلف للوقت والطاقة. * وفرة النسل. * غير مكلف بيولوجيًا لأن جميع أفراد النوع الواحد قادرة على إنتاج أفرادًا جديدة.
كيفية حدوثه	* انفصال جزء من الجسم سواء كان خلية جرثومية واحدة أو مجموعة خلايا أو أنسجة، ونموها إلى فرد جديد يشبه الأصل التى انفصلت عنه تمامًا (أى تحدث هذه الطريقة بدون أمشاج).
نوع الانقسام الذى يعتمد عليه	* يعتمد التكاثر اللاجنسى على الانقسام الميتوزى لخلايا الكائن الحى حيث يكون عدد الصبغيات فى خلايا الأفراد الجديدة مماثل لعدد الصبغيات لخلايا الكائن الأصلى. خلية الكائن الأصلى (٢ن) ← انقسام ميتوزى ← خلايا الأفراد الناتجة (٢ن، ٢ن) أو خلية الكائن الأصلى (ن) ← انقسام ميتوزى ← خلايا الأفراد الناتجة (ن، ن)
خصائص الأفراد الناتجة منه	* الفرد الناتج عن التكاثر اللاجنسى يشبه الفرد الأصلى فى جميع صفاته لأنه يتسلم مادته الوراثية من فرد أبوى واحد فيصير نسخة مطابقة له. **ملحوظة:** يتعرض معظم النسل الناتج للهلاك إذا حدث تغير فى البيئة (ما لم تكن آباؤها قد تأقلمت مع ذلك التغير).
شيوعه	* شائع فى عالم النبات. * يقتصر وجوده على بعض الأنواع البدائية فى عالم الحيوان.
أهم صوره	* الانشطار الثنائى. * التبرعم. * التجدد. * التكاثر بالجراثيم. * التوالد البكرى. * زراعة الأنسجة.

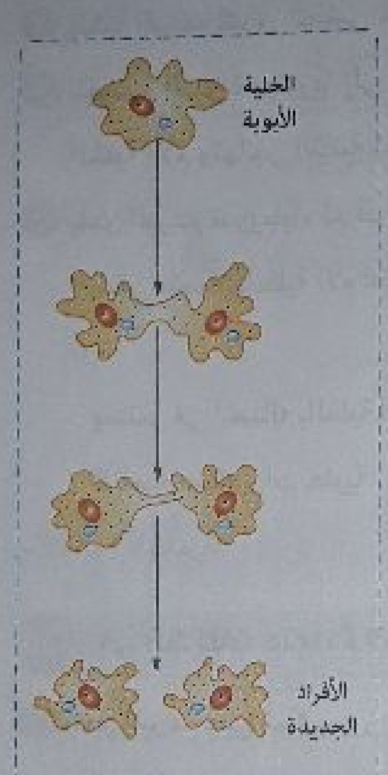


صور التكاثر اللاجنسي



أ الانشطار الثنائي Binary Fission

- **تتكاثر بهذه الصورة كثير من الكائنات الأولية، مثل :**
  - الطحالب البسيطة.
  - البكتيريا.
  - كثير من الأوليات الحيوانية، كالبراميسيوم والأميبا.
- **كيفية حدوثه :** يتم الانشطار الثنائي في مختلف الظروف، كالتالي :



- الانشطار الثنائي في الأميبا -

١ في الظروف المناسبة

1. تنقسم النواة ميتوزيًا.
2. تنشطر الخلية (التي تمثل جسم الكائن الحي) إلى خليتين، فيصبح كل منهما فردًا جديدًا.

٢ في الظروف غير المناسبة (في الأميبا)

1. تفرز الأميبا حول جسمها غلافًا كيتينيًا (حوصلة) للحماية.
2. تنقسم الأميبا داخل الغلاف عدة مرات بالانشطار الثنائي المتكرر لتنتج العديد من الأميبات الصغيرة.
3. تتحرر الأميبات الصغيرة من الحوصلة فور تحسن الظروف المحيطة.

ب التبرعم Budding

- **تتكاثر بهذه الصورة بعض الكائنات :**
  - وحيدة الخلية، مثل الخميرة.
  - متعددة الخلايا، مثل الأسفنج – الهيدرا.

* كيفية حدوثه، يتم كالتالى :

١ فى الكائنات وحيدة الخلية

١ ينشأ البرعم كبروز جانبى على الخلية الأصلية.

٢ تنقسم النواة ميتوزيًا إلى نواتين، تبقى إحداهما فى الخلية الأم وتهاجر الثانية نحو البرعم.

٣ ينمو البرعم تدريجيًا، ثم قد :

- يبقى متصلاً بالخلية الأم حتى يكتمل نموه ثم ينفصل عنها.

أو

- يستمر فى اتصاله بالخلية الأم مكونًا مع غيره من البراعم النامية مستعمرات خلوية.

* مثال : الخميرة.

الخلية الأم

نمو البرعم

انقسام النواة

انفصال البرعم عن الخلية الأم

التبرعم فى فطر الخميرة

٢ فى الكائنات متعددة الخلايا

١ ينمو البرعم على شكل بروز صغير من أحد جوانب الجسم، بفعل انقسام الخلايا البينية وتميزها إلى برعم.

٢ ينمو البرعم تدريجيًا ليشبه الأم تمامًا.

٣ ينفصل الكائن الجديد ليبدأ حياته مستقلاً.

* أمثلة :

- الهيدرا. - الأسفنج.

برعم

فرد جديد

الفرد الأم

التبرعم فى الهيدرا

ملحوظة

الأسفنج والهيدرا يتكاثران جنسيًا إلى جانب قدرتهما على التكاثر اللاجنسى بالتبرعم والتجدد أيضًا.



* مما سبق يمكن عقد المقارنتين التاليتين :

❶ التبرعم فى الكائنات وحيدة الخلية

* ينشأ البرعم كبروز جانبى على الخلية الأم.
* تنقسم النواة ميتوزيًا إلى نواتين تبقى إحداهما فى الخلية الأم بينما تهاجر الأخرى نحو البرعم.
* ينمو البرعم تدريجيًا حتى يكتمل نموه لينفصل عن الخلية الأم أو يستمر متصلًا بالخلية الأم مكونًا مستعمرات خلوية.

التبرعم فى الكائنات متعددة الخلايا

* ينشأ البرعم على شكل بروز صغير من أحد جوانب الجسم.
* تنقسم الخلايا البينية ميتوزيًا فى الكائن الحى وتتمايز إلى برعم.
* ينمو البرعم تدريجيًا ليشبه الأم تمامًا ثم ينفصل عنها ليبدأ حياته مستقلًا.



أمثلة

التبرعم فى الكائنات وحيدة الخلية:

* فطر الخميرة.

التبرعم فى الكائنات متعددة الخلايا:

* الأسفنج.
* الهيدرا.

❷ الانشطار الثنائى

* يحدث فى الكائنات وحيدة الخلية فقط.
* حجم الأفراد الناتجة (الخلايا الناتجة) عن الانقسام متساوٍ.
* الفرد الأبوى يتلاشى بالانشطار.

التبرعم

* يحدث فى بعض الكائنات وحيدة الخلية والكائنات متعددة الخلايا.
* حجم الأفراد الناتجة (الخلايا الناتجة) عن الانقسام غير متساوٍ.
* الفرد الأبوى يظل موجود بعد حدوث التبرعم.

أمثلة

الانشطار الثنائى:

* البكتيريا.
* الأميبا.
* البراميسيوم.
* بعض الطحالب البسيطة.

التبرعم:

* فطر الخميرة.
* الهيدرا.
* الأسفنج.

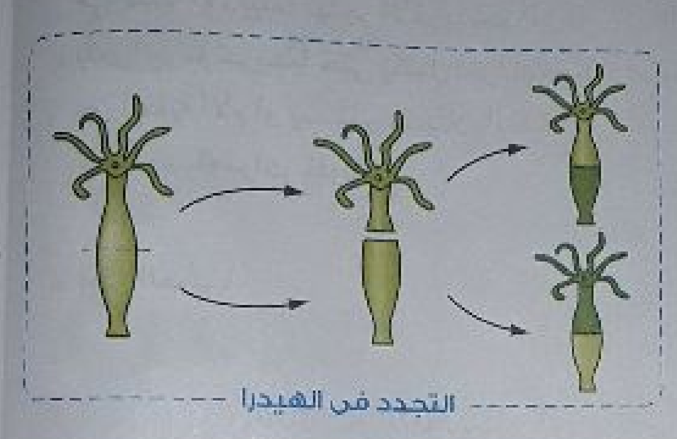
جـ التجدد Regeneration

* تشيع هذه الطريقة فى :

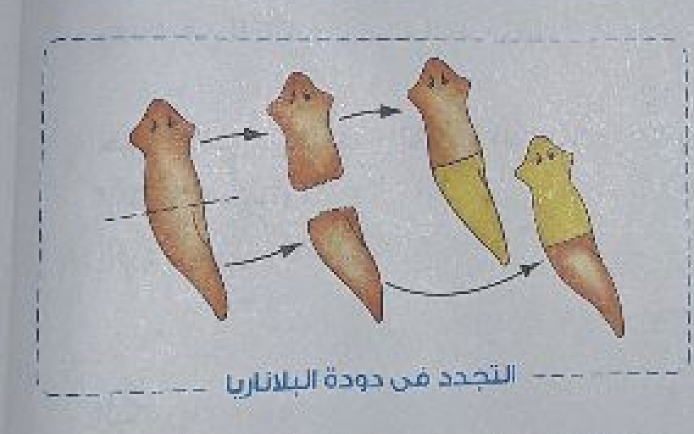
- كثير من النباتات.
- بعض الديدان كدودة البلاناريا.
- بعض الحيوانات كالأسفنج والهيدرا ونجم البحر.

* لا يعتبر التجدد تكاثرًا فى بعض الكائنات لأنه يقتصر على تعويض الأجزاء المفقودة من الجسم عند التعرض لحادث أو تمزق فى الأنسجة.
* تقل القدرة على التجدد برقى الكائن الحى **حيث إنه فى :**
  - **بعض القشريات والبرمائيات :** يقتصر التجدد فيها على استعاضة الأجزاء المبتورة فقط.
  - **الفقاريات العليا :** يقتصر التجدد فيها على التئام الجروح وخاصةً إذا كانت محدودة فى الجلد والأوعية الدموية والعضلات.
* **يعتبر التجدد تكاثرًا فى بعض الحيوانات** عندما يقطع الجسم إلى عدة أجزاء فينمو كل جزء منها إلى فرد جديد،

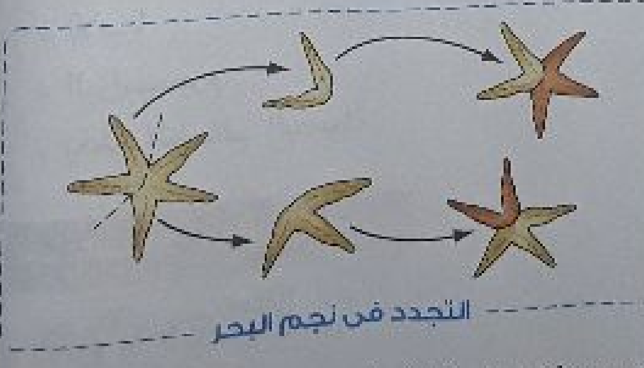
أمثلة :


التجدد فى الهيدرا

- **الهيدرا :** يمكنها أن تتجدد إذا قطعت لعدة أجزاء فى مستوى عرضى، حيث ينمو كل جزء إلى فرد كامل مستقل.
- **دودة البلاناريا** (من الديدان المفلطحة المنتشرة فى الماء العذب) : يمكنها أن تتجدد إذا قطعت لعدة أجزاء على مستوى عرضى أو لجزئين طوليًا، حيث ينمو كل جزء إلى فرد كامل مستقل.


التجدد فى دودة البلاناريا

- **نجم البحر :**
  - يمكن أن يتجدد أحد أذرع نجم البحر إذا قطع مع قطعة من قرصه الوسطى إلى فرد كامل مستقل (فى فترة وجيزة).
  - يشكل هذا النوع من نجوم البحر خطرًا على محار اللؤلؤ إذ يستطيع النجم الواحد أن يفترس حوالى عشر محارات يوميًا بما قد تحمله من لؤلؤ بين ثناياها، لذا لجأ مربو محار اللؤلؤ إلى حرق نجوم البحر وذلك بعد معرفتهم أن تمزيقها وإلقائها فى البحر يعمل على إكثارها.


التجدد فى نجم البحر

د التكاثر بالجراثيم Sporogony

* **تتكاثر بهذه الصورة :**
  - بعض النباتات البدائية.
  - كثير من الفطريات كفطر عفن الخبز وفطر عيش الغراب.
  - بعض الطحالب والسراخس.

* **كيفية حدوثه :** يتم ذلك بواسطة خلايا وحيدة تعرف **بالجراثيم** متحورة للنمو مباشرةً إلى أفراد كاملة.

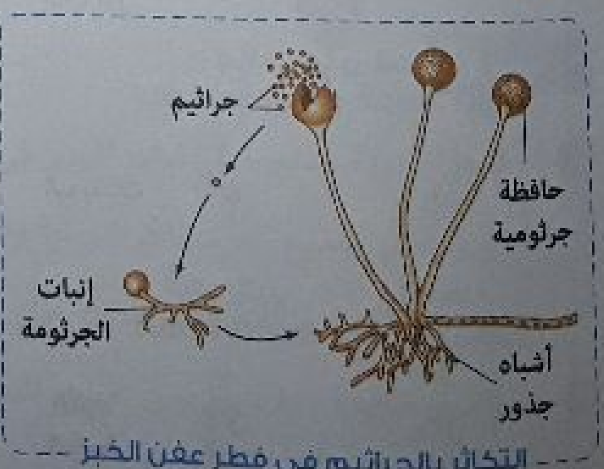
* **تركيب الجرثومة :** تتركب من سيتوبلازم به كمية ضئيلة من الماء ونواة وتحاط بجدار سميك.

> **الجرثومة**
> خلية وحيدة متحورة للنمو مباشرةً إلى فرد كامل عندما توجد في وسط ملائم للنمو.

* **مراحل التكاثر بالجراثيم :**
  1. بعد نضج الجرثومة تتحرر من النبات الأم، لتنتشر في الهواء.
  2. عند وصولها إلى وسط ملائم للنمو تمتص الماء ويتشقق جدارها.
  3. تنقسم عدة مرات ميتوزيًا حتى تنمو إلى فرد جديد.

* **مميزات التكاثر بالجراثيم :**
  1. سرعة الإنتاج.
  2. تحمل الظروف القاسية.
  3. الانتشار لمسافات بعيدة.

> **أضف إلى معلوماتك**
> العدد الصبغي لفطر عفن الخبز (ن) وينتج جراثيمه بالانقسام الميتوزى.



التكاثر بالجراثيم فى فطر عفن الخبز



التكاثر بالجراثيم فى فطر عيش الغراب

هـ التوالد البكرى Parthenogenesis

التوالد البكرى
قدرة البويضة على النمو لتكوين فرد جديد، بدون إخصاب من المشيج الذكرى.

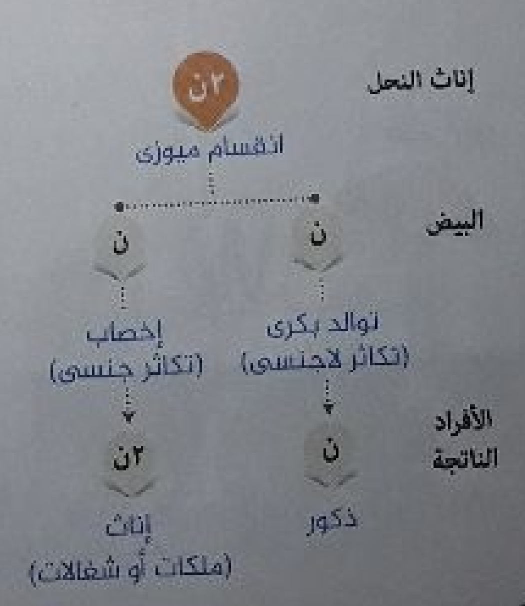
* يُعد التوالد البكرى نوعًا خاصًا من التكاثر اللاجنسى حيث يتم إنتاج الأبناء من فرد أبوى واحد فقط ينتج عن المشيج الأنثوى.
* يتم التكاثر البكرى فى عدد من الديدان والقشريات والحشرات.
* **كيفية حدوثه :** يمكن حدوث التوالد البكرى طبيعيًا أو صناعيًا، **كالتالى :**

١ التوالد البكرى الطبيعى

* **من أمثلة الحشرات التى تتكاثر بالتوالد البكرى الطبيعى :**

نحل العسل

* تُنتج الملكة بيضًا من انقسام ميوزى منه :
  - بيضًا (ن) ينمو بالتوالد البكرى بدون إخصاب (تكاثر لاجنسى) لتكوين ذكور النحل **أحادية** المجموعة الصبغية (ن).
  - بيضًا (ن) ينمو بعد الإخصاب (تكاثر جنسى) لتكوين الملكة أو الشغالات (ذلك حسب نوع الغذاء) **ثنائية** المجموعة الصبغية (٢ن).



حشرة المن

* تنتج إناث حشرة المن :
  - بويضات (٢ن) **بالانقسام الميتوزى** تنمو بالتوالد البكرى بدون إخصاب (تكاثر لاجنسى) لتكوين إناث **ثنائية** المجموعة الصبغية (٢ن).

  أو

  - بويضات (ن) **بالانقسام الميوزى** تنمو بعد الإخصاب (تكاثر جنسى) لتُنتج ذكورًا وإناثًا **ثنائية** المجموعة الصبغية (٢ن).





٢ التوالد البكرى الصناعي

* أمثلة :

- نجم البحر والضفدعة :

يتم تنشيط البويضات بواسطة تعريضها لصدمة حرارية أو كهربائية أو للإشعاع أو لبعض الأملاح أو للرج أو للوخز بالإبر فتتضاعف الصبغيات بدون إخصاب، مكونة أفرادًا تشبه الأم تمامًا.

- الأرانب :

يتم استخدام منشطات مماثلة (كما سبق) لتكوين أجنة مبكرة من بويضاتها.

و زراعة الأنسجة Tissue Culture

* يقوم العلماء بدراسة زراعة الأنسجة النباتية والحيوانية.

زراعة الأنسجة

إنماء نسيج حى (تحتوى خلاياه على المعلومات الوراثية الكاملة) فى وسط غذائى شبه طبيعى، ثم متابعة تميز أنسجتها وتقدمها نحو إنتاج أفراد كاملة.

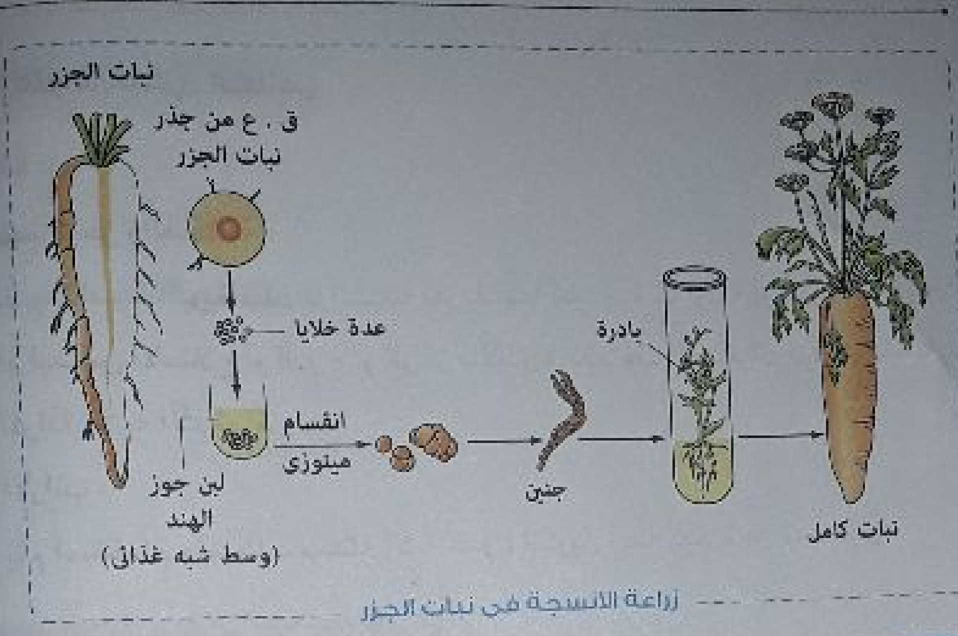
* **الأساس العلمى لزراعة الأنسجة النباتية :**

الخلية النباتية المحتوية على المعلومات الوراثية الكاملة يمكنها أن تصبح نباتًا كاملًا إذا زرعت فى وسط غذائى مناسب يحتوى على الهرمونات النباتية بنسب معينة.

تجربة ١ على نبات الجزر

١ تم فصل أجزاء صغيرة من نبات **الجزر** فى أنابيب زجاجية تحتوى على لبن جوز الهند (الذى يحتوى على جميع الهرمونات النباتية والعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات) فبدأت هذه الأجزاء فى النمو والتمايز إلى نبات جزر كامل.

٢ تم فصل خلايا منفردة من نفس أنسجة النبات وزراعتها بنفس الطريقة للحصول على نبات كامل.



زراعة الأنسجة فى نبات الجزر

تجربة ٢ على نبات الطباق

* تم فصل خلايا من أوراق الطباق وزراعتها بنفس الطريقة السابقة فأمكن الحصول على نبات طباق كامل.

* **أهمية زراعة الأنسجة :**

١ إكثار نباتات نادرة أو ذات سلالات ممتازة أو أكثر مقاومة للأمراض.

٢ اختصار الوقت اللازم لنمو المحاصيل المُنتجة وإكثارها.

٣ تقدم حلولاً لمشاكل الغذاء بشكل عام.

٤ التحكم فى ميعاد زراعة الأنسجة حيث أمكن حفظ الأنسجة المختارة للزراعة فى نيتروچين سائل لتبريدها لمدة طويلة للإبقاء على حيويتها لحين زراعتها.





الفصل 3 | الدرس الثانى

تابع طرق التكاثر فى الكائنات الحية

ثانيا التكاثر الجنسى Sexual Reproduction

خصائصه العامة	* يوفر التكاثر الجنسى تجديدًا مستمرًا فى البناء الوراثى للأجيال الناتجة فيمكنها من الاستمرار فى مواجهة التغيرات البيئية. * **يعتبر التكاثر الجنسى مكلف فى الوقت والطاقة عن التكاثر اللاجنسى للأسباب التالية :** – يتم عادةً بعد مدة من عمر الكائن الحي ويتطلب أحيانًا إعدادًا خاصًا من الأبوين قبل التزاوج (منزل – عش – جحر). – قد يتبادل الأبوان حراسة البيض ورعاية الأبناء حتى تكبر. – بعض الأنواع تتحمل مشقة كبيرة عند الاحتفاظ بالأجنة في بطونها حتى تتكون وتولد وذلك في سبيل حماية أبنائها. – قد تبقى الأبناء مع آبائها في حياة اجتماعية من أجل المزيد من الحماية وتعلم الكثير من السلوك. – مكلف بيولوجيًا وذلك بسبب اقتصار الإنجاب على نصف عدد أفراد النوع وهو الإناث.
كيفية حدوثه	* عند تزاوج فردين (ذكر وأنثى) غالبًا تتم عملية الإخصاب باندماج المشيج المذكر مع المشيج المؤنث (المناسب لنوعه) وتتكون اللاقحة «الزيجوت» التى تنقسم وتنمو لتكوين الجنين ثم الفرد اليافع فالبالغ.
نوع الانقسام الذى يعتمد عليه	* يعتمد التكاثر الجنسى على الانقسام الميوزى عند تكوين الأمشاج (الذكرية – الأنثوية) حيث يُختزل فيها عدد الصبغيات إلى النصف (ن)، وعند الإخصاب يندمج المشيج المذكر مع المشيج المؤنث ويعود العدد الأصلى للصبغيات (٢ن) والذى يختلف حسب نوع الكائن الحى.

خصائص الفرد الناتج منه	* الفرد الناتج عن التكاثر الجنسى يجمع بين صفات الأبوين حيث يتسلم المادة الوراثية من كلا الأبوين فيصير خليطًا من صفاتهما.
شيوعه	* شائع فى كثير من النباتات. * شائع فى معظم الحيوانات الراقية.
صوره	* الاقتران. * التكاثر بالأمشاج الجنسية.

صور التكاثر الجنسى

أ الاقتران Conjugation

* تتكاثر معظم الكائنات البدائية كبعض الأوليات والطحالب والفطريات بطريقتين، هما :

- **التكاثر اللاجنسى بالانقسام الميتوزى** : وذلك فى الظروف المناسبة.
- **التكاثر الجنسى بالاقتران** : وذلك فى الظروف غير المناسبة كتعرضها للجفاف أو لتغير درجة حرارة الماء أو نقاوته.

الاقتران فى طحلب الأسبيروجيرا

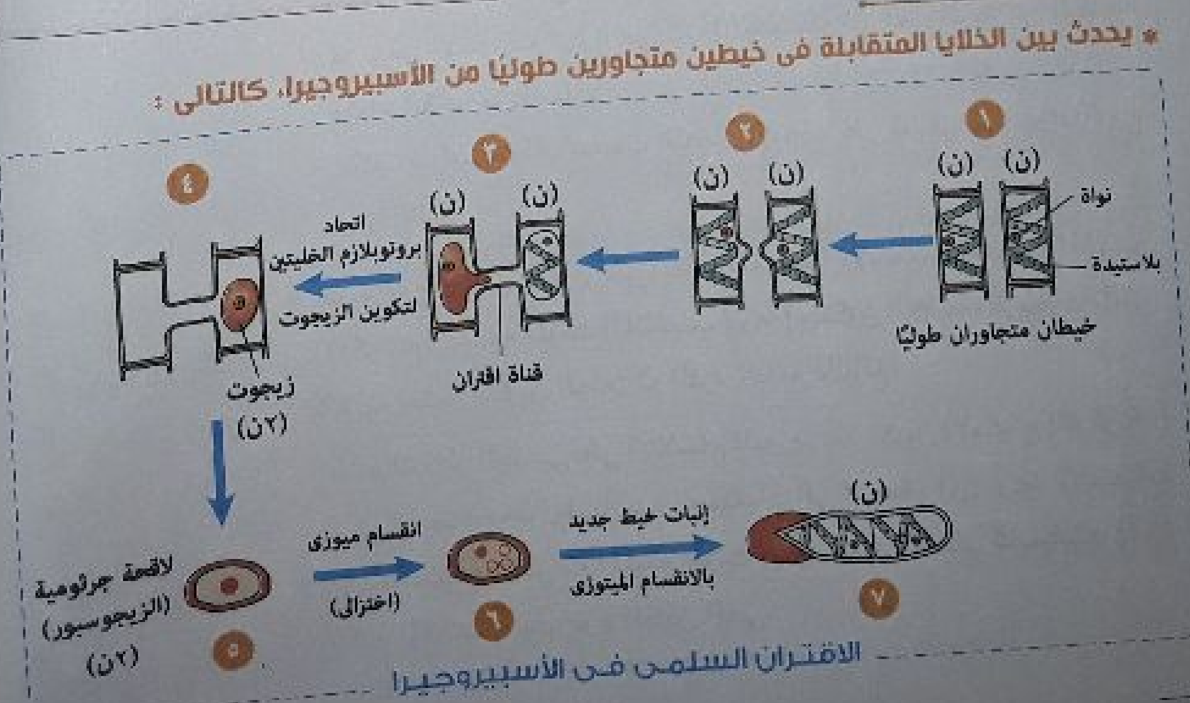
* يلجأ طحلب الأسبيروجيرا إلى الاقتران (فى الظروف غير المناسبة) والاقتران نوعان، هما :

ملحوظة

يعرف طحلب الأسبيروجيرا بالريم الأخضر الذى ينتشر فى المياه الراكدة حيث تطفو خيوطه التى يتكون كل منها من صف واحد من الخلايا.

١ الاقتران السلمى

* يحدث بين الخلايا المتقابلة فى خيطين متجاورين طوليًا من الأسبيروجيرا، كالتالى :



الاقتران السلمى فى الأسبيروجيرا



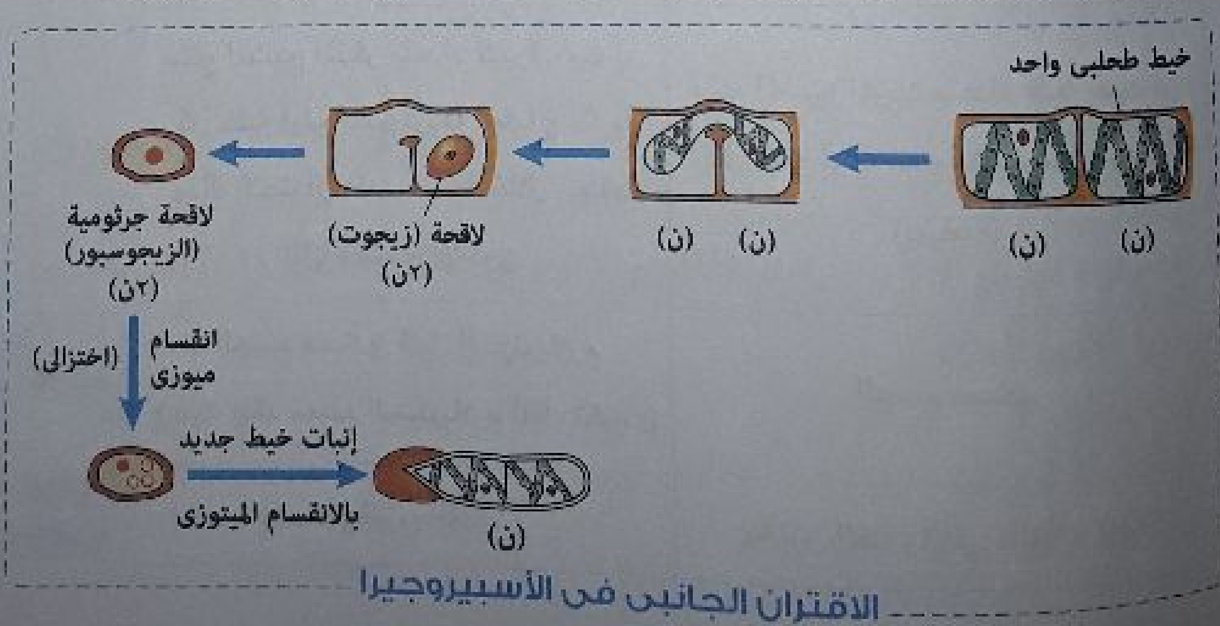
1. يتجاور خيطان من الأسبيروجيرا طوليًا.
2. تنمو نتوءات للداخل بين بعض أزواج الخلايا المتقابلة.
3. تتلامس النتوءات ويزول الجدار الفاصل بينهما لتتكون **قناة الاقتران**.
4. يتكور البروتوبلازم فى خلايا أحد الخيطين ليهاجر إلى خلايا الخيط المقابل عبر قناة الاقتران مكونًا **لاقحة** «زيجوت Zygote» (٢ن).
5. تحاط اللاقحة بجدار سميك لحمايتها من الظروف غير الملائمة، حينئذ تعرف **باللاقحة الجرثومية** «الزيجوسبور Zygospore» (٢ن) التى تبقى ساكنة حتى تتحسن الظروف المحيطة.
6. تنقسم نواة **اللاقحة الجرثومية** ميوزيًا لتُكون ٤ أنوية أحادية المجموعة الصبغية (ن) يتحلل منها ٣ أنوية وتبقى النواة الرابعة.
7. تنقسم النواة الرابعة ميتوزيًا ليتكون خيط طحلبى جديد (ن).

ملحوظة

خلايا خيط الطحلب أحادية المجموعة الصبغية (ن) وبعد الاقتران تتكون اللاقحة ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) لذا تنقسم اللاقحة الجرثومية ميوزيًا قبل الإنبات ليعود للخلايا العدد الفردى للصبغيات (ن).

٢ الاقتران الجانبى

* يحدث فى حالة وجود خيط طحلبي واحد فقط.
* يحدث بين الخلايا المتجاورة فى نفس الخيط الطحلبى، حيث تنتقل مكونات إحدى الخليتين (البروتوبلازم) إلى الخلية المجاورة لها وذلك من خلال فتحة فى الجدار الفاصل بينهما.



الاقتران الجانبى فى الأسبيروجيرا

* مما سبق يمكن عقد المقارنة التالية :

الاقتران السلمى فى الأسبيروجيرا	الاقتران الجانبى فى الأسبيروجيرا
* يحدث بين الخلايا المتقابلة فى الخيطين الطحلبيين المتجاورين طوليًا. * تنتقل مكونات إحدى الخليتين إلى الخلية المقابلة لها على الخيط المقابل. * يتم انتقال مكونات الخلية من خلال قناة اقتران بين الخليتين المتقابلتين.	* يحدث بين خليتين متجاورتين فى نفس الخيط الطحلبى. * تنتقل مكونات إحدى الخليتين إلى الخلية المجاورة لها على نفس الخيط. * يتم انتقال مكونات الخلية من خلال فتحة فى الجدار الفاصل بين الخليتين المتجاورتين.

ب التكاثر بالأمشاج الجنسية

* تتكاثر الأحياء النباتية والحيوانية المتقدمة بالأمشاج الجنسية الذكرية والأنثوية الناتجة عن انقسام ميوزى يتم فى المناسل (الأعضاء الجنسية).

أنواع الأمشاج الجنسية (الأمشاج الذكرية – الأمشاج الأنثوية)

	١ المشيج المذكر ♂	٢ المشيج المؤنث ♀
عضو الإنتاج	تنتجه المناسل المذكرة (الخصية – المُتك)	تنتجه المناسل المؤنثة (المبيض)
العدد	ينتج المشيج المذكر بأعداد كبيرة حيث إن كل خلية أولية تنتج أربعة أمشاج ذكرية وذلك لاحتمال فقد بعضها خلال رحلتها إلى المشيج الأنثوى	ينتج المشيج المؤنث بأعداد قليلة حيث إن كل خلية أولية تنتج مشيج مؤنث واحد (بويضة)
الوصف	الجسم مستدق قليل السيتوبلازم (حيث يفقد معظم السيتوبلازم أثناء تكوينه)	الجسم مستدير
اختزان الغذاء	لا يختزن الغذاء	يختزن الغذاء (غنى بالغذاء غالبًا)



الحجم	أقل حجمًا	أكبر حجمًا
الحركة	له القدرة على الحركة حيث يتزود الجسم بسوط أو ذيل (بالنسبة للحيوان أو الإنسان) حتى يستطيع الوصول للمشيج المؤنث	يبقى ساكنًا عادةً فى جسم الأنثى حتى يتم الإخصاب (فى حالات التلقيح الداخلى)
الوظيفة	نقل المادة الوراثية إلى المشيج المؤنث فى عملية الإخصاب	استقبال المادة الوراثية من المشيج المذكر

التلقيــح

التلقيح

انتقال المشيج الذكرى إلى مكان المشيج الأنثوى.

* **يتم التلقيــح حسب نــوع الحيوان وبيئته، بإحدى الطريقتين التاليتــين :**



التلقيح الخارجى

* يتم فى معظم الحيوانات المائية كالأسماك العظمية والضفادع.
* يلقى كل من الذكر والأنثى بأمشاجهما معًا فى الماء فتنتقل الأمشاج عبر الماء لكى يتم الإخصاب وتكوين الجنين فى الماء.



التلقيح الداخلى

* يتم فى الحيوانات البرية التى تعيش على اليابسة، مثل الزواحف والطيور والثدييات.
* يتعين على الذكر إدخال الحيوانات المنوية داخل جسم الأنثى لتصل إلى البويضات لكى يتم الإخصاب.

الإخصاب

الإخصاب

اندماج نواة المشيج الذكرى (ن) بنواة المشيج الأنثوى (ن) لتكوين اللاقحة (٢ن) التى تنقسم ميتوزيًا لتكوين الجنين.

* مما سبق يمكن المقارنة بين التكاثر اللاجنسى والتكاثر الجنسى، كالتالى :

التكاثر اللاجنسى	التكاثر الجنسى
* يتم بانفصال جزء من الجسم ونموه إلى فرد جديد.	* يتم باندماج المشيج المذكر مع المشيج المؤنث المناسب لنوعه لتكوين زيجوت ينقسم وينمو إلى جنين.
* يتم من خلال فرد واحد.	* يتطلب وجود فردين مختلفين فى الجنس (ذكر وأنثى) أو فرد خنثى.
* يعتمد على الانقسام الميتوزى.	* يعتمد على الانقسام الميوزى فى تكوين الأمشاج ثم الانقسام الميتوزى للنمو.
* يحافظ على ثبات الصفات الوراثية.	* يوفر تجديدًا مستمرًا وتنوعًا فى البناء الوراثى للأجيال الناتجة.
* الفرد الناتج يشبه الفرد الأصلى فى جميع صفاته حيث يتسلم المادة الوراثية من أب واحد.	* الفرد الناتج يجمع بين صفات الأبوين حيث يتسلم المادة الوراثية من كلا الأبوين.
* الأفراد الناتجة أقل تكيفًا مع ظروف البيئة المتغيرة.	* الأفراد الناتجة أكثر تكيفًا مع ظروف البيئة المتغيرة.
* غير مكلف فى الوقت والطاقة.	* مكلف فى الوقت والطاقة.
* جميع الأفراد قادرة على إنتاج أفراد جديدة (غير مكلف بيولوچيًا).	* يقتصر الإنجاب على نصف عدد أفراد النوع فقط وهو الإناث (مكلف بيولوچيًا).
* أهم صوره : الانشطار الثنائى، التبرعم، التجدد، التكاثر بالجراثيم، التوالد البكرى، زراعة الأنسجة.	* صوره : الاقتران، التكاثر بالأمشاج الجنسية.

ظاهرة تعاقب الأجيال Alternation of Generations

* هناك بعض الأنواع النباتية والحيوانية لها القدرة على التكاثر الجنسى واللاجنسى فى دورة الحياة وذلك لتجنى مميزاتهما معًا حيث إن :
- **التكاثر الجنسى** : يحقق التنوع الوراثى بما يمكنه من الانتشار ومسايرة تقلبات البيئة.
- **التكاثر اللاجنسى** : يحقق سرعة التكاثر ووفرة النسل.

وقد يتبع ذلك تباين المحتوى الصبغى لخلايا تلك الأجيال المتعاقبة.

> **ظاهرة تعاقب الأجيال**
> ظاهرة تعاقب جيلين أو أكثر فى دورة حياة الكائن الحى، جيل يتكاثر جنسيًا مع جيل أو أكثر يتكاثر لاجنسيًا.

* يمكن إيضاح هذه الظاهرة من خلال دراستنا للأمثلة التالية :



أولاً دورة حياة بلازموديوم الملاريا

* يعتبر البلازموديوم من الأوليات الجرثومية التى تتطفل على الإنسان وأنثى بعوضة الأنوفيليس.
* يتعاقب فى دورة حياة البلازموديوم جيل يتكاثر جنسيًا **بالأمشاج** (فى البعوضة) ثم أجيال تتكاثر لاجنسيًا **بالجراثيم** (فى البعوضة) **وبالتقطع** (فى الإنسان).

دورة الحياة فى أنثى بعوضة الأنوفيليس
دورة الحياة فى الإنسان
جلد الإنسان
١ أسبوروزويتات (ن)
خلية كبدية
٢ تكاثر لاجنسى بالتقطع فى الكبد
ميروزويتات (ن)
خلية دم حمراء
٣ تكاثر لاجنسى فى خلايا الدم الحمراء
خلية دم حمراء منفجرة
ميروزويتات (ن)
٤
٥ أطوار مشيجية (ن)
٦ إخصاب
زيجوت «اللاقحة» (٢ن)
أطوار مشيجية (ن)
تكاثر جنسى فى معدة البعوضة
٧ طور حركى (٢ن)
جدار معدة البعوضة
٨ كيس البيض (ن)
تكاثر لاجنسى بالجراثيم
٩ أسبوروزويتات (ن)

دورة حياة بلازموديوم الملاريا

أ دورة الحياة فى جسم الإنسان

١ تبدأ دورة الحياة عندما تلدغ أنثى بعوضة أنوفيليس مصابة بالطفيل جلد الإنسان وتصب في دمه أشكالاً مغزلية دقيقة تسمى «الأسبوروزويتات (ن) Sporozoites».

٢ تتجه الأسبوروزويتات مع الدم إلى الكبد حيث تقضى فترة حضانة تقوم فيها بدورتين من التكاثر اللاجنسى حيث تنقسم النواة **بالتقطع** لتنتج «الميروزويتات (ن) Merozoites».

٣ تنتقل الميروزويتات لتصيب كريات الدم الحمراء حيث تقضى فيها عدة دورات لاجنسية لإنتاج العديد من الميروزويتات.

٤ تتحرر الميروزويتات بأعداد هائلة كل يومين بعد تفتت كريات الدم المصابة وتتحرر (تنطلق) مواد سامة حينئذ تظهر على المصاب أعراض حُمى الملاريا (ارتفاع درجة الحرارة / الرعشة / العرق الغزير).

٥ تتحول بعض الميروزويتات داخل كريات الدم الحمراء إلى أطوار مشيجية (ن) تنتقل مع دم المصاب إلى البعوضة عند لدغها للإنسان المصاب.

ب دورة الحياة فى جسم أنثى البعوضة

٦ تتحرر الأمشاج من كريات الدم الحمراء وتندمج بعد نضجها فى معدة البعوضة لتكون اللاقحة «الزيجوت» (٢ن).

٧ تتحول اللاقحة إلى طور حركى (٢ن) «Ookinete» يخترق جدار المعدة.

٨ ينقسم الطور الحركى ميوزيًا مكونًا كيس البيض (ن) «Oocyst» الذى تنقسم نواته ميتوزيًا فيما يعرف **بالتكاثر بالجراثيم Sporogony** حيث تنتج العديد من الأسبوروزويتات (ن) ويعتبر ذلك تكاثر لاجنسى.

٩ تتحرر الأسبوروزويتات (ن) وتتجه إلى الغدد اللعابية للبعوضة استعدادًا لإصابة إنسان آخر.

أضف إلى معلوماتك

* ذكر الأنوفيليس لا يصيب الإنسان بطفيل الملاريا لأنه لا يتغذى على الدم حيث يمتلك أجزاء فم لاعقة يعيش بها على رحيق الأزهار، بينما تمتلك الأنثى أجزاء فم ثاقبة ماصة تمتص بها دم الإنسان.
* الأطوار المشيجية لبلازموديوم الملاريا فى دم الإنسان المصاب تعتبر أمشاجًا لم تصل بعد لمرحلة النضوج ويحدث لها النضج داخل معدة أنثى بعوضة الأنوفيليس.



* مما سبق يمكن توضيح أطوار دورة حياة بلازموديوم الملاريا فى الجدول التالى :

اسم الطور	مكان وجوده: فى أنثى بعوضة الأنوفيليس	مكان وجوده: فى الإنسان	طريقة تكوينه	المجموعة الصبغية
الأسبوروزويتات	فى الغدد اللعابية	فى خلايا الكبد	تكاثر نواة كيس البيض لاجنسيًا بالجراثيم	أحادية (ن)
الميروزويتات		فى خلايا الكبد	تكاثر الأسبوروزويتات لاجنسيًا بالتقطع	أحادية (ن)
		فى بعض كريات الدم الحمراء	تكاثر الميروزويتات لاجنسيًا	
الأطوار المشيجية	فى المعدة	فى بعض كريات الدم الحمراء	تحول بعض الميروزويتات داخل كريات الدم الحمراء	أحادية (ن)
اللاقحة «الزيجوت»	فى المعدة		اندماج الأطوار المشيجية داخل معدة البعوضة (تكاثر جنسى)	ثنائية (٢ن)
الطور الحركى	يخترق جدار المعدة		تحول اللاقحة داخل معدة البعوضة	ثنائية (٢ن)
كيس البيض	خارج جدار المعدة		انقسام الطور الحركى ميوزيًا	أحادية (ن)

ثانيًا دورة حياة نبات من السراخس (الفوجير)



* من أشهر الأمثلة على السراخس :

- نبات الفوجير المعروف كنبات زينة فى المشاتل.
- نبات كزبرة البئر الذى ينمو على حواف الآبار والقنوات الظليلة.

* تُعد دورة حياة نبات الفوجير مثالًا نموذجيًا لظاهرة تعاقب الأجيال حيث يتعاقب فيها **طور جرثومى** (٢ن) يتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم مع **طور مشيجى** (ن) يتكاثر جنسيًا بالأمشاج.



دورة حياة نبات الفوجير

أ الطور الجرثومي (٢ن)

١ تبدأ دورة حياة نبات الفوجير بالطور الجرثومي الذي يحمل على السطح السفلي لأوراقه بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوي على العديد من الخلايا الجرثومية (٢ن).

٢ تنقسم الخلايا الجرثومية (٢ن) ميوزيًا لتكوين الجراثيم (ن).

٣ عند نضج الجراثيم تتحرر من الحوافظ الجرثومية وتحملها الرياح لمسافات بعيدة.

ب الطور المشيجي (ن)

٤ عندما تسقط الجرثومة على تربة رطبة تنبت مكونة عدة خلايا لا تلبث أن تتكتل وتتميز إلى جسم مفلطح ينمو على شكل قلبي فوق التربة الرطبة يعرف **بالطور المشيجي**، وهو يتميز بأن سطحه السفلي يوجد به **ما يلي :**



- أشباه جذور : تنمو على مؤخرة السطح السفلى للطور المشيجى كزوائد لامتصاص الماء والأملاح.
- زوائد تناسلية : تنمو على مقدمة السطح السفلى للطور المشيجى، وهى نوعان هما :
  - الأنثريديا **Antheridia** : مناسل مذكرة تنتج الأمشاج الذكرية (السابحات المهدبة).
  - الأرشيجونيا **Archegonia** : مناسل مؤنثة تنتج الأمشاج المؤنثة (البويضات).

٥ بعد نضج الأنثريديا تتحرر منها الأمشاج الذكرية (السابحات المهدبة) لتسبح فوق مياه التربة حتى تصل إلى الأرشيجونيا الناضجة وذلك لإخصاب البويضة بداخلها فتتكون اللاقحة (٢ن).

٦ تنقسم اللاقحة متميزة إلى نبات جرثومى جديد ينمو فوق النبات المشيجى.

٧ يعتمد النبات الجرثومى فترة قصيرة على النبات المشيجى، حتى يكون لنفسه جذورًا وساقًا وأوراقًا.

٨ يتلاشى النبات المشيجى وينمو النبات الجرثومى ليعيد دورة الحياة.

* **مما سبق يمكن المقارنة بين الطور الجرثومى والطور المشيجى فى نبات الفوجير، كالتالى :**

الطور الجرثومى فى نبات الفوجير	الطور المشيجى فى نبات الفوجير
* يتكون من جذور عرضية وساق وريزومة وأوراق تحمل على سطحها السفلى بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوى على العديد من الخلايا الجرثومية.	* جسم مفلطح قلبى الشكل يحمل على مؤخرة سطحه السفلى أشباه جذور لامتصاص الماء والأملاح وتنمو على مقدمة نفس السطح زوائد تناسلية مذكرة (الأنثريديا) ومؤنثة (الأرشيجونيا).
* ثنائى المجموعة الصبغية (٢ن) حيث إنه يتكون بالتكاثر الجنسى بإخصاب السابحة المهدبة (ن) للبويضة (ن) فتتكون اللاقحة (٢ن) التى تنقسم ميتوزيًا متميزة إلى نبات جرثومى.	* أحادى المجموعة الصبغية (ن) حيث إنه يتكون من إنبات الجرثومة (ن)، أى أنه يتكون من تكاثر لاجنسى.
* يتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم التى تتكون بالانقسام الميوزى للخلايا الجرثومية (٢ن) فى الحوافظ الجرثومية.	* يتكاثر جنسيًا بالأمشاج المذكرة والمؤنثة التى تتكون بالانقسام الميتوزى فى الزوائد التناسلية.
* يستمر نمو الطور الجرثومى ليعيد دورة الحياة.	* يتلاشى الطور المشيجى بعد نمو الطور الجرثومى.

أسئلة الدرس انظر كتاب الأسئلة



الفصل 3 | الدرس الثالث

التكاثر فى النباتات الزهرية

النباتات الزهرية

* مجموعة من النباتات البذرية تعرف **بمغطاة البذور** لأن بذورها تنشأ داخل غلاف ثمرى.
* تنتشر فى بيئات مختلفة وتتفاوت فى الحجم من أعشاب صغيرة إلى أشجار ضخمة.
* تتكاثر بواسطة عضو متخصص يسمى **«الزهرة»**.

الزهرة

الزهرة

عضو التكاثر فى النباتات الزهرية، وهى ساق قصيرة تحورت أوراقها لتكوين الأجزاء الزهرية المختلفة.

* **الزهرة قد تكون :**

- ذات قنابة. أو - بدون قنابة.
- معنقة (تحمل على عنق). أو - جالسة (لا تحمل على عنق).

القنابة Bract

ورقة تخرج من إبطها الزهرة وهى تختلف فى الشكل واللون من نبات لآخر (حرشفية، خضراء ...).

* **منشأ الأزهار :**

- **الأزهار الوحيدة : قد تنشأ :**

طرفية

تحد من نمو الساق، مثل **زهرة التيوليب**



أو

إبطية

لا تحد من نمو الساق، مثل **زهرة البيتونيا**



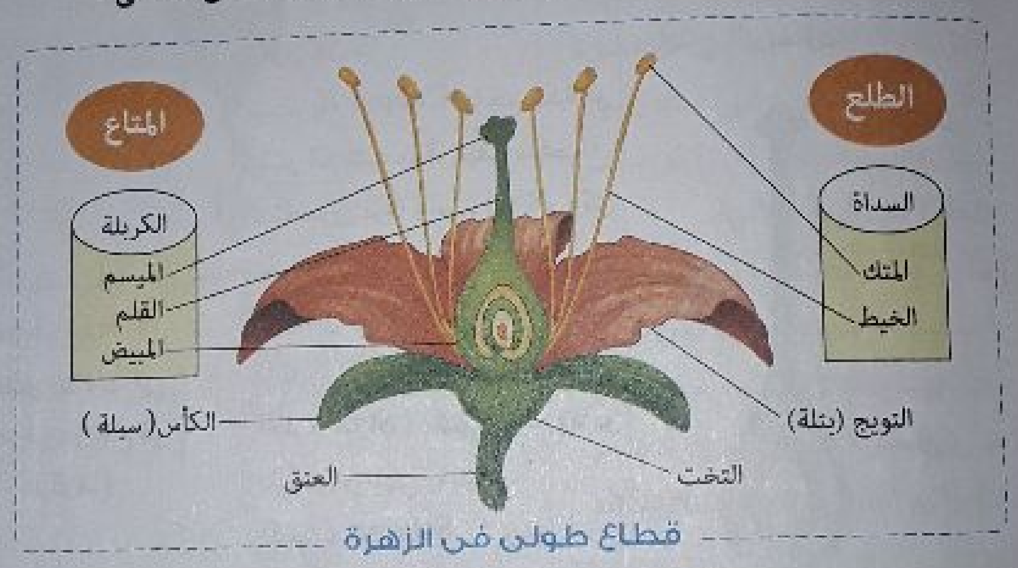


- **الأزهار المتجمعة** : تنشأ متجمعة على المحور الزهرى فى تنظيمات متنوعة تعرف بـ «**النورات**»، مثل **زهور الفول وزهور المنثور**.

النورة
تجمع الأزهار على المحور الزهرى فى تنظيمات متنوعة.

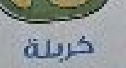
تركيب الزهرة

* تتركب الزهرة النموذجية أو الكاملة (الخنثى)، مثل **الفول، التفاح، البصل، البيتونيا** من أربعة محيطات زهرية تتبادل أوراق كل منها مع أوراق المحيط الذى يليه، **وهى كالتالى :**



قطاع طولى فى الزهرة

محيطات الزهرة	التكوين	الوظيفة
١ الكأس Calyx (المحيط الخارجى للزهرة)	* **يتكون من :** أوراق خضراء تسمى السبلات Sepals	* حماية أجزاء الزهرة الداخلية من عوامل الجفاف أو الأمطار أو الرياح.
٢ التويج Corolla (يلى الكأس للداخل)	* **يتكون من :** صف واحد أو أكثر من أوراق ملونة تسمى **البتلات Petals**	* حماية الأجزاء الجنسية للزهرة. * جذب الحشرات لإتمام عملية التلقيح.

	التركيب	الوظيفة
٣ الطلـع Androecium (عضو التذكير فى الزهرة)	* يتكون من : أوراق متعـددة تسـمى الأسدية Stamens كل منها مكُون من : – الخـيط Filament : يحمل على قمته انتفاخ يسمى المتك. – المتك Anther : يحتـوى علـى أربعة أكياس من حبوب اللقاح.	* إنتاج حبوب اللقاح.  المتك الخيط سداة
٤ المتـــاع Gynoecium (عضو التأنيث فى الزهرة وهو يقع فى مركزها)	* يتكون من : كـــربلة Carpel واحـــدة أو أكثـر قد تلتحـم أو تبقى منفصلة، وقد تحتـوى غرفة واحدة أو أكثر وكل منها عبارة عن : – المبيـض Ovary : قاعـدة الكربلة المنتفخة التى تحتوى على البويضات. – القلـم Style : عنـق رفيـع يعلـو المبيض وينتهى بالميسم. – الميســم Stigma : قـرص لـزج تلتصق عليه حبوب اللقاح.	* إنتاج البويضات.  الميسم القلم المبيض كربلة

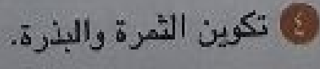
ملحوظة

يصعـب تمييـز أوراق الـكأس عن التويـج فى أزهار معظم نباتـات الفلقة الواحدة، مثـل : التيوليب والبصل فيعرف حينئذ المحيطان الخارجيان باسم **«الغلاف الزهرى Perianth»**.

وظائف الزهرة

* تقوم الزهرة بوظائفها فى التكاثر لاستمرار النوع، **وهذا يتطلب ما يلى :**

١ تكوين حبوب اللقاح.
٢ تكوين البويضات.
٣ التلقيح والإخصاب.
٤ تكوين الثمرة والبذرة.




أولاً تكوين حبوب اللقاح

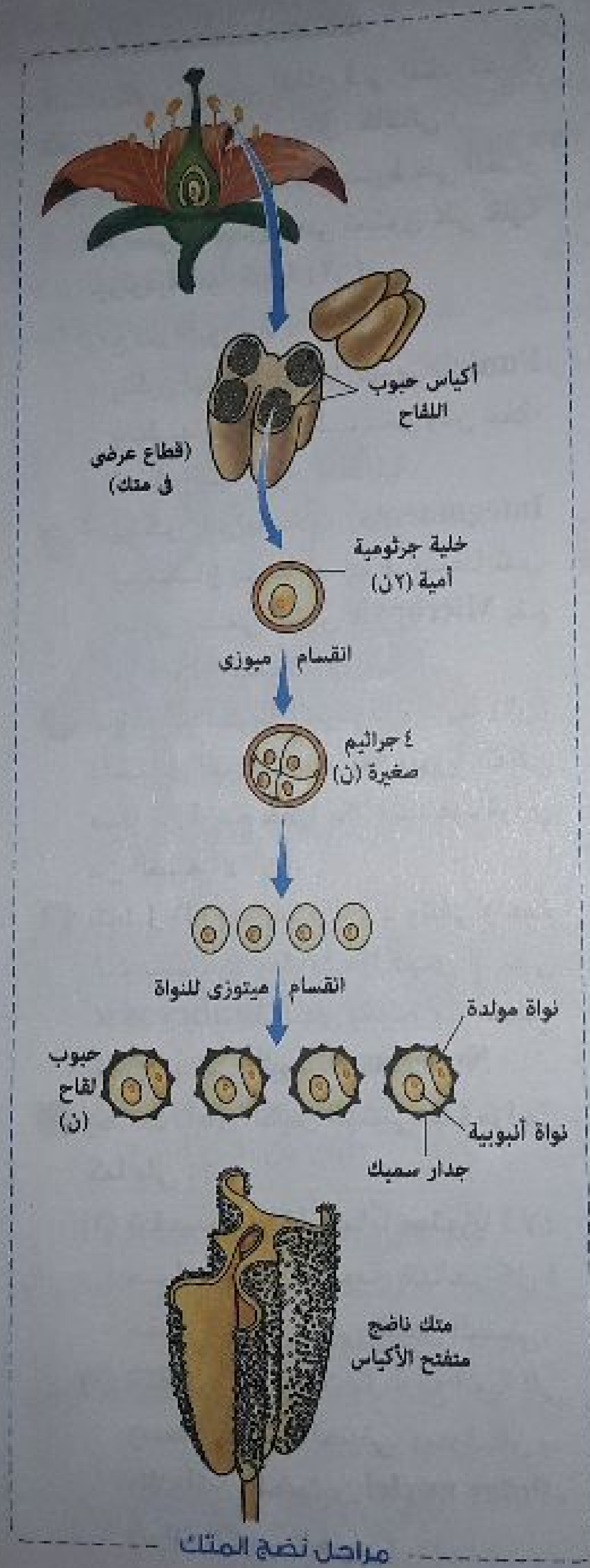
- عند فحص قطاع عرضي في متك ناضج لأحد الأسدية كبيرة الحجم كما في الزنبق نشاهد أن المتك يحتوي على أربعة أكياس لحبوب اللقاح يتم فيها تكوين حبوب اللقاح، **كالتالي :**

١ أثناء نمو الزهرة تكون هذه الأكياس (قبل أن تتكون حبوب اللقاح) مليئة بخلايا كبيرة الأنوية تحتوي على عدد زوجي من الصبغيات (٢ن) تسمى **الخلايا الجرثومية الأمية.**

٢ تنقسم كل خلية جرثومية أمية انقسامًا ميوزيًا لتكون أربع خلايا بكل منها عدد فردي من الصبغيات (ن) وتسمى «**الجراثيم الصغيرة Microspores**».

٣ تنقسم نواة الجرثومة الصغيرة انقسامًا ميتوزيًا إلى نواتين تعرف إحداهما بـ «**النواة الأنبوبية Tube nucleus**» والأخرى بـ «**النواة المولدة Generative nucleus**» وبذلك تتكون حبة اللقاح ثم يتغلظ غلافها مكونًا جدار سميك لحمايتها.

٤ يصبح المتك ناضجًا، ويتحلل الجدار الفاصل بين كل كيسين متجاورين وتتفتح الأكياس وتصبح حبوب اللقاح جاهزة للانتشار.



مراحل نضج المتك

ثانيًا تكوين البويضات



* أثناء تكوين حبوب اللقاح في المتك، تحدث تغييرات مناظرة في المبيض، **كالتالي :**

❶ تظهر البويضة كانتفاخ بسيط على الجدار الداخلي للمبيض، وهي تحتوى على **خلية جرثومية أمية كبيرة (٢ن)**.

ومع نمو البويضة :

- **يتكون لها عنق أو حبل سرى Funicle** يصلها بجدار المبيض ومن خلاله تصل إليها المواد الغذائية.
- يتكون حولها غلافان **Integuments** يحيطان بها تمامًا فيما عدا ثقب صغير يسمى النقير **Micropyle** يتم من خلاله إخصاب البويضة.

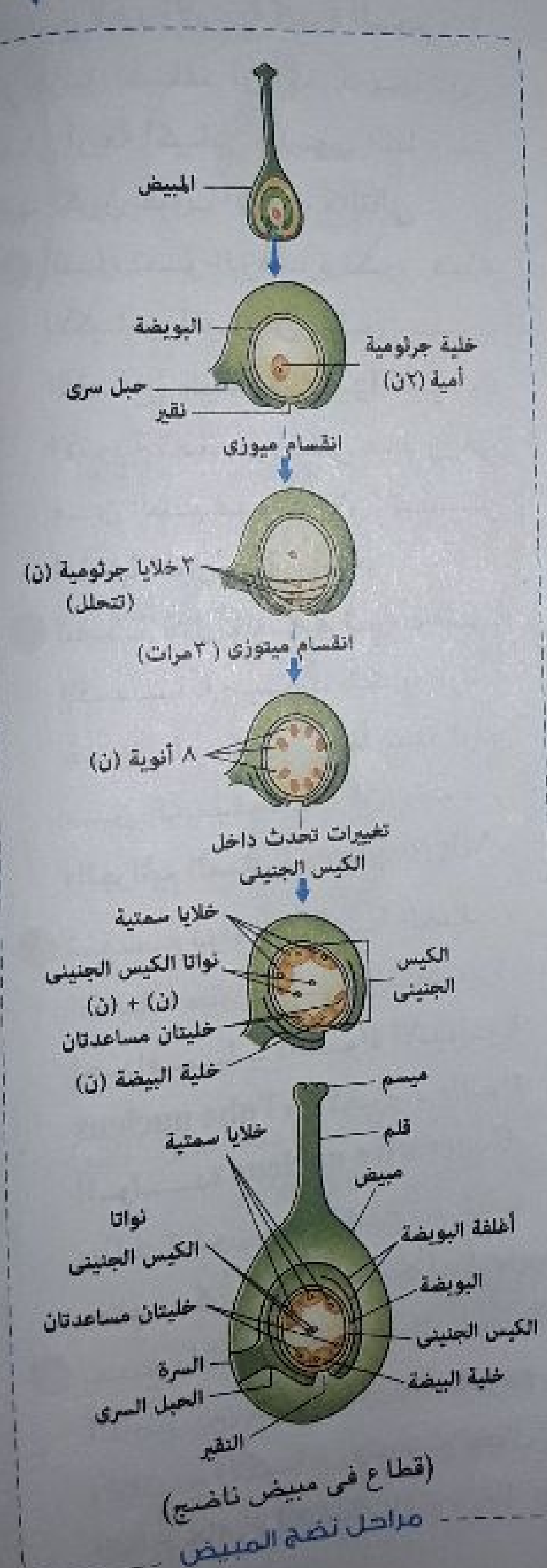
❷ تنقسم الخلية الجرثومية الأمية (٢ن) داخل البويضة انقسامًا **ميوزيًا** لتعطى صفًا من أربع خلايا بكل منها عدد فردى من الصبغيات (ن).

❸ تتحلل ثلاثة من هذه الخلايا وتبقى واحدة تنمو بسرعة مكونة الكيس الجنيني **Embryosac** الذى يحيط به نسيج غذائي يسمى النيوسيلة **Nucellus**

❹ يحدث داخل الكيس الجنيني **عدة مراحل كما يلي :**

(١) تنقسم النواة انقسامًا **ميتوزيًا** ثلاث مرات لتنتج ٨ أنوية، تهاجر كل ٤ منها إلى أحد طرفي الكيس الجنيني.

(٢) تنتقل واحدة من كل أربع أنوية إلى وسط الكيس الجنيني، ويعرفان بـ **«النواتين القطبيتين Polar nuclei» (نواتا الكيس الجنيني)**.



مراحل نضج المبيض

(٣) تحاط كل نواة من الثلاث الباقية فى كل من طرفى الكيس الجنينى بكمية من السيتوبلازم وغشاء رقيق، لتكّون خلايا.

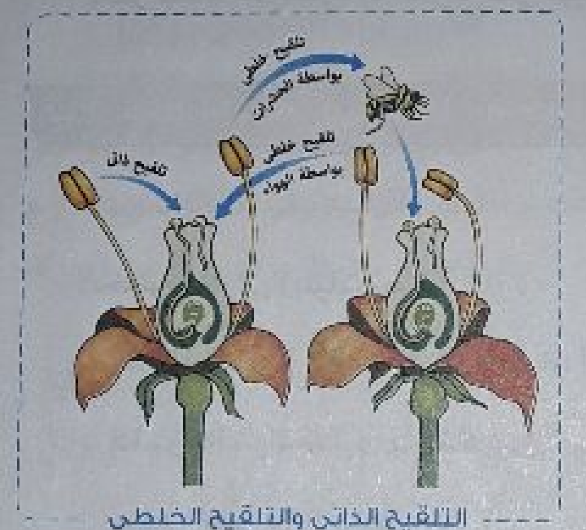
(٤) تنمو الخلية الوسطية من الثلاث خلايا القريبة من النقير لتصبح خلية البيضة **Egg cell**، وتعرف الخليتان الموجودتان على جانبيها بـ «الخليتين المساعدتين **Synergids**»

ملحوظة

تمثل خلية البيضة المشيج المؤنث فى النباتات الزهرية.

أما الثلاث خلايا البعيدة عن النقير تسمى «الخلايا السمتية **Antipodal cells**».

* تصبح خلية البيضة حينئذ جاهزة للإخصاب.



التلقيح الذاتى والتلقيح الخلطى

ثالثًا التلقيح والإخصاب

أ عملية التلقيح فى النباتات الزهرية

عملية التلقيح فى النباتات الزهرية

عملية انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى ميسم الزهرة.

* **أنواع التلقيح :**

	١ التلقيح الذاتى	٢ التلقيح الخلطى
مفهومه	انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم نفس الزهرة أو إلى ميسم زهرة أخرى على نفس النبات	انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة على نبات إلى ميسم زهرة على نبات آخر من نفس النوع
العوامل اللازمة لإتمامه	* **تكون الأزهار خنثى بشرط :** - نضج شقى الأعضاء الجنسية فى نفس الوقت. - أن يكون مستوى المتك مرتفع عن مستوى الميسم.	* **تكون الأزهار خنثى بشرط :** - نضج أحد شقى الأعضاء الجنسية قبل الآخر. - أن يكون مستوى المتك منخفض عن مستوى الميسم. * **تكون الأزهار وحيدة الجنس.**

* **وسائل نقل حبوب اللقاح فى التلقيح الخلطى :**

- الهواء.
- الحشرات.
- الماء.
- الإنسان.

* **أهمية عملية التلقيح :**

- توفر للزهرة الخلايا الذكرية اللازمة لعملية الإخصاب فى البويضة التى تُكون البذرة.
- تحفز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة (حتى لو لم يتم الإخصاب).

ب عملية الإخصاب فى النباتات الزهرية



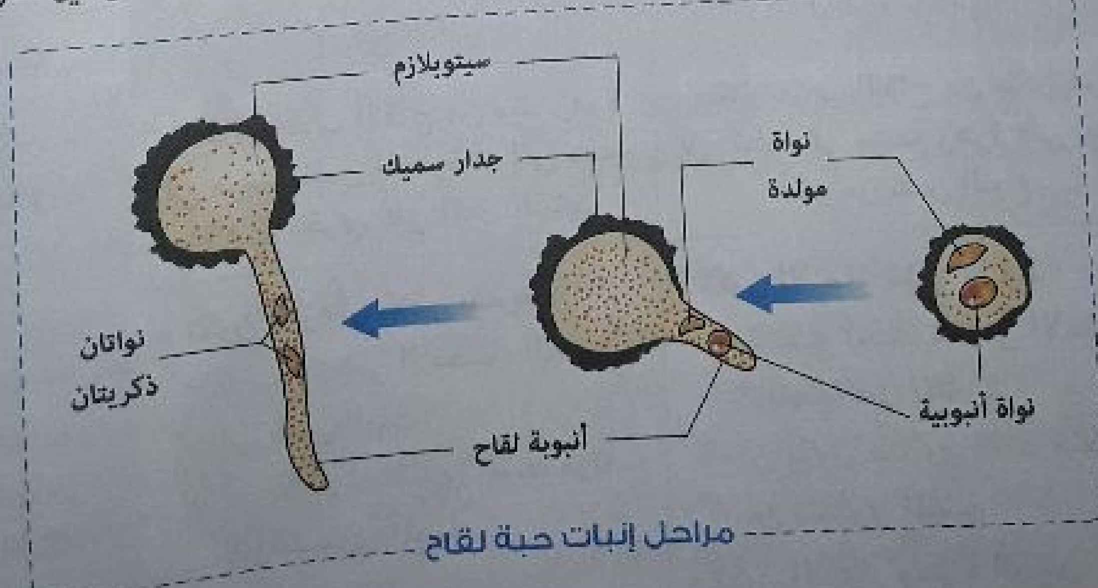
* **تشمل عملية الإخصاب خطوتان هامتان، هما :**

- **الخطوة الأولى (إنبات حبة اللقاح) :**



عندما تسقط حبة اللقاح على الميسم تبدأ فى الإنبات، حيث :

- تقـوم النـواة الأنبوبية بتكوين أنبوبة لقـاح تخترق الميسم والقلم حتى تصل إلى موقع النقير فى المبيض.
- تتلاشى النواة الأنبوبية، بينما تنقسم النواة المولدة انقسامًا **ميتوزيًا** مكونة نواتين ذكريتين.



مراحل إنبات حبة لقاح

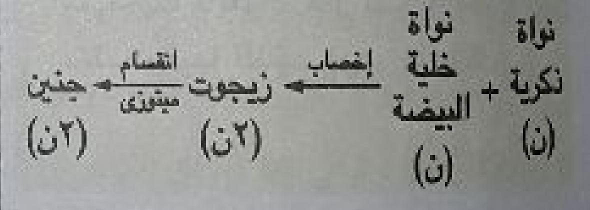
- الخطوة الثانية (الإخصاب المزدوج)، تشمل مرحلتين، هما :

١ إخصاب خلية البيضة : يتم كالتالى :

(١) تنتقل النواة الذكرية الأولى (ن) من حبة اللقاح إلى البويضة من خلال أنبوبة اللقاح.

(٢) تندمج هذه النواة مع نواة خلية البيضة (ن) فيتكون الزيجوت (٢ن).

(٣) ينقسم الزيجوت ميتوزيًا مكونًا الجنين (٢ن).



٢ الاندماج الثلاثى : يتم كالتالى :

(١) تنتقل النواة الذكرية الثانية (ن) من حبة اللقاح إلى البويضة.

(٢) تندمج النواة الذكرية مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنينى «النواتان القطبيتان» (كل منهما ن) لتكوين نواة الإندوسبرم (٣ن).

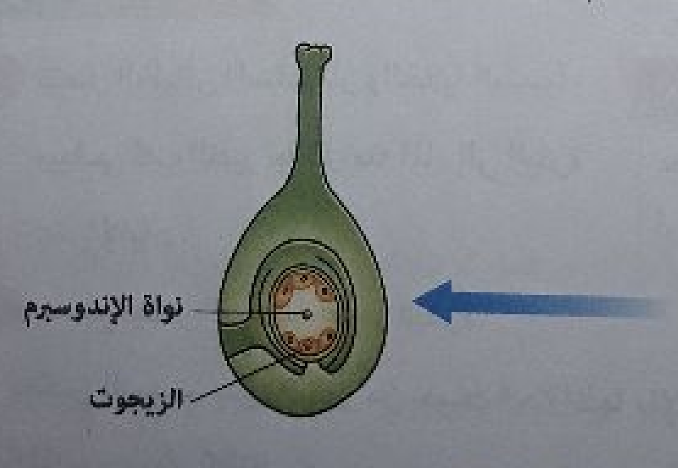
(٣) تنقسم نواة الإندوسبرم لتعطى نسيج الإندوسبرم لتغذية الجنين فى مراحل نموه الأولى ويبقى هذا النسيج خارج الجنين، فيشغل بذلك جزءًا من البذرة.

الاندماج الثلاثى

عملية اندماج إحدى النواتين الذكريتين لحبة اللقاح مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنينى لتكوين نواة الإندوسبرم.

نواة ذكرية (ن) + نواتا الكيس الجنينى (ن) + (ن) ← اندماج ثلاثى ← نواة الإندوسبرم (٣ن)





الإخصاب المزدوج

★ مما سبق يمكن تعريف الإخصاب المزدوج كالتالى :

الإخصاب المزدوج

اندماج إحدى النواتين الذكريتين (ن) من حبة اللقاح مع نواة خلية البيضة (ن) لتكوين الزيجوت (٢ن) الذى ينقسم ميتوزيًا مكونًا الجنين (٢ن)، واندماج النواة الذكرية الأخرى (ن) مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنينى (النواتان القطبيتان) (كل منهما ن) لتكوين نواة الإندوسبرم (٣ن) التى تنقسم لتعطى نسيج الإندوسبرم.

رابعًا تكوين الثمرة والبذرة

* **بعد حدوث الإخصاب** يذبل الكأس والتويج والطلع والقلم والميسم ولا يبقى من الزهرة سوى مبيضها.

أ تكوين الثمرة

١ يختزن المبيض الغذاء فيكبر فى الحجم وينضج متحولًا إلى ثمرة بفعل الهرمونات (الأوكسينات) التى يفرزها المبيض.

٢ يصبح جدار المبيض غلافًا للثمرة.

الثمرة الكاذبة

الثمرة التى يتشحم فيها أى جزء غير مبيضها بالغذاء، مثل ثمرة التفاح التى يتشحم فيها التخت (وهو ما يؤكل).

ب تكوين البذرة

١ تتحلل الخليتان المساعدتان والخلايا السمتية، ويبقى ثقب النقير ليدخل منه الماء إلى البذرة عند الإنبات.

٢ يصبح جدار البويضة غلافًا للبذرة.

ملحوظة

عدد الأنوية التى تشارك فى تكوين البذرة أو الحبة ٥ أنوية.

* يمكن التمييز بين البذور من حيث احتفاظها بالإندوسبرم إلى بذور إندوسبرمية وبذور لاإندوسبرمية، **كالتالى :**



البذور الإندوسبرمية «الحبوب»	البذور اللاإندوسبرمية «البذور»
* يحتفظ الجنين فيها بالإندوسبرم فيظل موجود.	* يتغذى الجنين على الإندوسبرم أثناء تكوينه مما يضطر النبات إلى تخزين غذاء آخر للجنين فى فلقتين.
* تلتحم أغلفة المبيض مع أغلفة البويضة لتكوين ثمرة بها بذرة واحدة وتعرف حينئذ بـ «**الحبة**».	* تتصلب الأغلفة البيضية لتكوين القصرة وتعرف حينئذ بـ «**البذرة**».
* بذور ذات فلقة واحدة.	* بذور ذات فلقتين.
أمثلة	
* القمح.	* الفول.
* الذرة.	* البسلة.

* يؤدى نضج الثمار والبذور (غالبًا) إلى تعطيل النمو الخضرى للنبات وأحيانًا إلى موته خاصةً فى النباتات الحولية بسبب استهلاك المواد الغذائية المختزنة وتثبيط الهرمونات.
* إذا لم يتم التلقيح والإخصاب تذبل الزهرة وتسقط دون تكوين الثمرة.
* هناك بعض الثمار التى تحتفظ بأجزاء من الزهرة، مثل :
  - **ثمرة الرُمان** : تبقى بها أوراق الكأس والأسدية.
  - **ثمرة الباذنجان والبلح** : تبقى بها أوراق الكأس.
  - **ثمرة القرع** : تبقى بها أوراق التويج.

أضف إلى معلوماتك

النباتات الحولية هى نباتات تعيش لموسم زراعى واحد فقط، ثم تتلاشى بعد ترك بذورها فى التربة، مثل : الذرة والشعير.

* مما سبق يمكن إيجاز مصير مكونات الزهرة فى الحالات التالية :

الزهرة في حالة:

- **عدم حدوث تلقيح و إخصاب** ← تذبل الزهرة وتسقط
- **حدوث تلقيح فقط (دون حدوث إخصاب)** ← تحفيز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة
- **حدوث تلقيح وإخصاب:**
  - المحيطات الزهرية: قد
    - تحتفظ بعض الثمار بأجزاء منها، مثل:
      - الكأس ← ثمرة الباذنجان والبلح
      - الكأس والأسدية ← ثمرة الرمان
      - التويج ← ثمرة القرع
    - يذبل الكأس والتويج والطلع والمتاع
  - جدار المبيض: يتحول إلى ← غلاف الثمرة
  - المبيض: يتحول إلى ← ثمرة
  - جدار البويضة: يتحول إلى ← غلاف البذرة
  - البويضة: تتحول إلى ← بذرة
    - إندوسبرمية (حبة)
    - لاإندوسبرمية (بذرة)
  - خلية البيضة: تتحول إلى ← جنين
  - نواتا الكيس الجنيني: تتحول إلى ← نسيج الإندوسبرم
    - يبقى في الحبوب
    - يتحلل في البذور
  - الخلايا السمتية / الخليتان المساعدتان: تتحلل
  - النقير ← يبقى ليدخل منه الماء إلى البذرة عند الإنبات

الإثمار العذرى Parthenocarpy

الإثمار العذرى

تكوين ثمار بدون بذور لأنها تتكون بدون عملية الإخصاب (وهو لا يعتبر تكاثر).

* أنواع الإثمار العذرى :

① طبيعى : كما فى الموز والأناناس.

② صناعى : يتم بإحدى الطريقتين التاليتين :

- رش المياسم بخلاصة حبوب اللقاح (حبوب لقاح مطحونة فى الإثير الكحولى).
- استخدام أندول أو نافثول حمض الخليك.

} لتنبيه المبيض لتكوين الثمرة

* مما سبق يمكن المقارنة بين الإثمار العذرى والتوالد البكرى، كالتالى :

الإثمار العذرى	التوالد البكرى
* يحدث فى النبات.	* يحدث فى الحيوان.
* قدرة المبيض على تكوين ثمرة بدون بذور لأنها تتكون بدون عملية إخصاب.	* قدرة البويضة على النمو لتكوين فرد جديد بدون إخصاب من المشيج المذكر.
* لا يعتبر تكاثرًا.	* يعتبر نوع خاص من التكاثر اللاجنسى.
* يتم طبيعيًا كما فى الموز والأناناس.	* يتم طبيعيًا كما فى حشرة المن ونحل العسل.
* يتم صناعيًا برش المياسم بخلاصة حبوب اللقاح أو باستخدام أندول أو نافثول حمض الخليك لتنبيه المبيض لتكوين الثمرة.	* يتم صناعيًا بتنشيط البويضات بواسطة تعريضها لصدمة حرارية أو كهربائية أو للإشعاع أو لبعض الأملاح أو للرج أو للوخز بالأبر كما فى الضفدعة ونجم البحر أو باستخدام منشطات مماثلة لتكوين أجنة مبكرة من بويضاتها كما فى الأرانب.

أسئلة الدرس انظر كتاب الأسئلة

الفصل 3 | الدرس الرابع

التكاثر فى الإنسان

* يَنتمى الإنسان إلى طائفة الثدييات التى تتميز بالآتى :

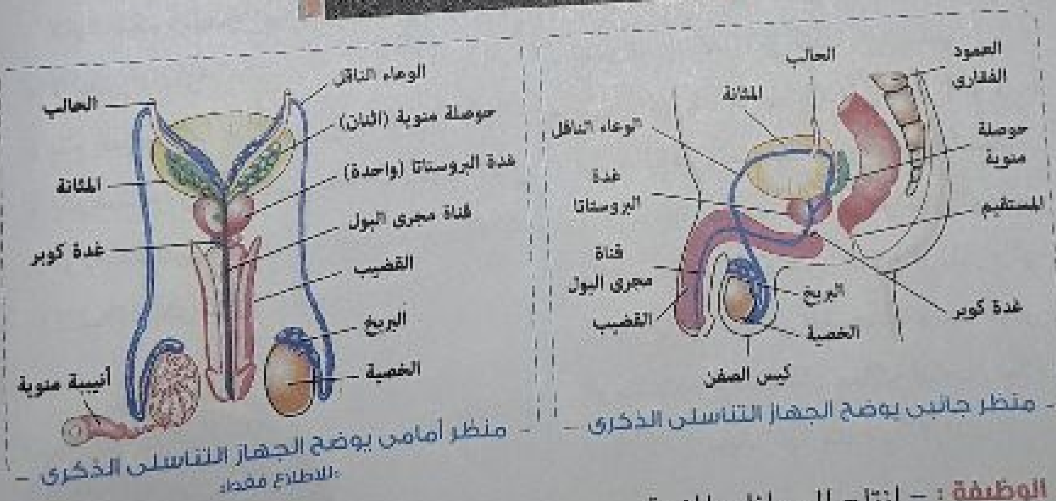
– حمل الجنين حتى الولادة لذا فإن بويضاتها تكون صغيرة وشحيحة المُح لاعتماد الجنين على الأم فى الحصول على الغذاء لتكونه داخل الرحم.

– إنتاج الصغار يكون محدود نظرًا لما تلقاه من رعاية الأبوين حيث تصل هذه الرعاية أقصاها فى الإنسان الذى تحتاج صغاره إلى سنوات طوال من التربية نظرًا لتقدم عقله وتميز هيئته.

أضيف إلى معلوماتك

المُح هو غذاء مدخر فى البويضات يعتمد عليه الجنين أثناء تكوينه.

الجهاز التناسلى الذكرى



منظر أمامى يوضح الجهاز التناسلى الذكرى «للاطلاع فقط»

منظر جانبى يوضح الجهاز التناسلى الذكرى

* **الوظيفة :** – إنتاج الحيوانات المنوية.

– إنتاج هرمونات الذكورة، التى تسبب ظهور الصفات الذكرية الثانوية، مثل : خشونة الصوت، قوة العضلات، نمو الشعر على الوجه.... إلخ.



* **التركيب** : يتركب الجهاز التناسلى الذكرى للإنسان من :

١ الخصيتان	* تحاط الخصيتان بكيس الصفن الذى يتدلى خارج تجويف البطن للحفاظ على درجة حرارة الخصيتين منخفضة عن درجة حرارة الجسم بما يناسب تكوين الحيوانات المنوية فيهما. **ملحوظة** : تنتقل الخصيتان من التجويف البطنى إلى كيس الصفن فى الجنين خلال أشهر الحمل الأخيرة، فإذا تعطل خروجهما تتوقفان عن إنتاج المنى عند البلوغ مما يسبب العقم. * **اهمية الخصية :** – إنتاج الحيوانات المنوية. – إفراز **هرمون التستوستيرون** الذى يعمل على ظهور الصفات الذكرية الثانوية عند البلوغ ونمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين.
٢ البربخان	* كل منهما عبارة عن قناة تلتف حول نفسها، تخرج من الخصية، وتصب فى قناة تسمى «الوعاء الناقل». * **وظيفة البربخ** : يتم فيه تخزين الحيوانات المنوية.
٣ الوعاءان الناقلان	* يقوم كل منهما بنقل الحيوانات المنوية من البربخ إلى قناة مجرى البول.
٤ الغدد التناسلية الملحقة	* **وهى تشمل :** – **الحوصلتان المنويتان** : تقوم بإفراز سائل قلوى يحتوى على سكر فركتوز لتغذية الحيوانات المنوية. – **غدة البروستاتا وغدتا كوبر** : تقوم بإفراز سائل قلوى يمر فى قناة مجرى البول (قبل مرور الحيوانات المنوية مباشرةً) فيعمل على معادلة وسطها الحمضى ليصبح وسطًا مناسبًا لمرور الحيوانات المنوية.
٥ القضيب	* عضو يتكون من نسيج أسفنجى تمر فيه قناة مجرى البول حيث ينتقل من خلالها **البول والحيوانات المنوية** كل على حدة.

* التركيب المجهرى للخصية :

من خلال دراسة قطاع عرضى فى الخصية، **يتضح أنها تتكون من :**

١ الأنيبيبات المنوية :

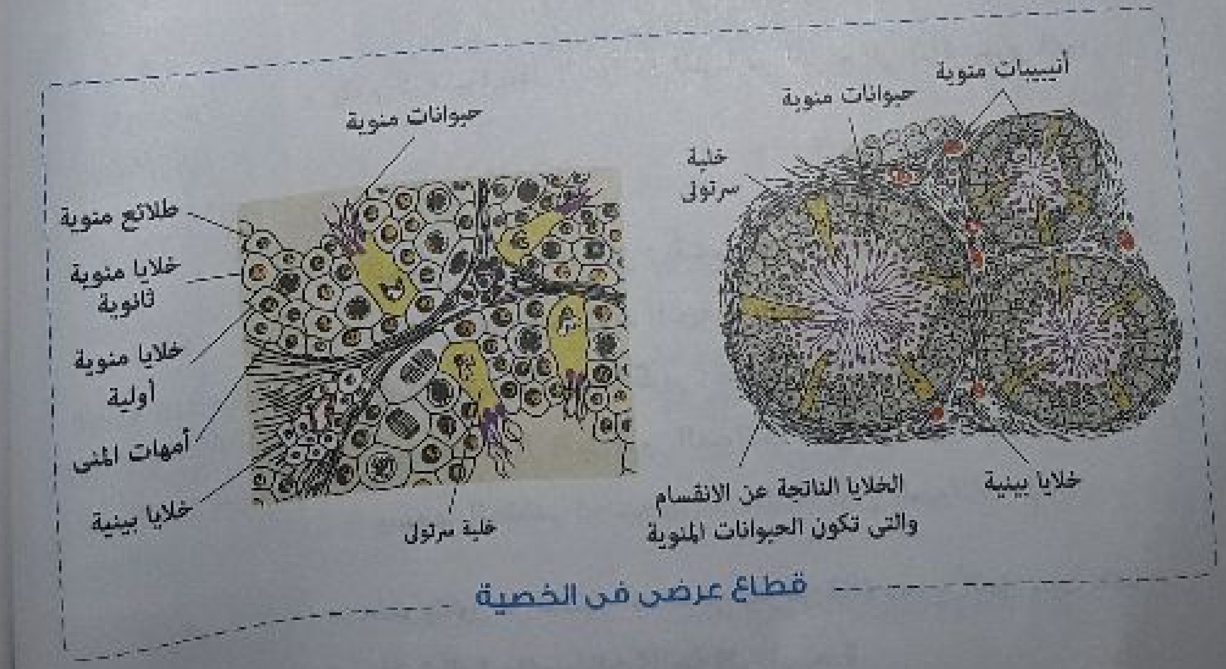
- توجد بعدد كبير داخل الخصية.
- كل أنيبية منوية يوجد بداخلها نوعين من الخلايا، هما :

(١) خلايا جرثومية أمية (٢ن) : تبطن الأنيبيبات المنوية من الداخل وهى تنقسم عدة انقسامات لتكون فى النهاية الحيوانات المنوية.

(٢) خلايا سرتولى : تفرز سائل يعمل على تغذية الحيوانات المنوية داخل الخصية كما يُعتقد أن لها وظيفة مناعية أيضًا.

٢ خلايا بينية :

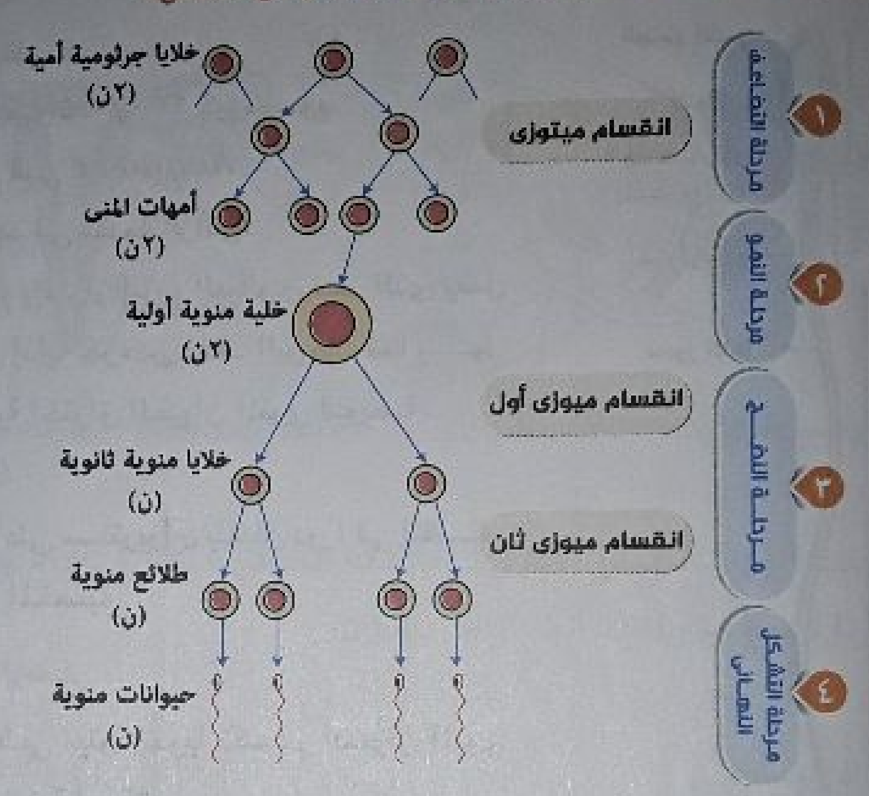
- توجد بين الأنيبيبات المنوية.
- تقوم بإفراز هرمون التستوستيرون الذى يعمل على ظهور الصفات الذكرية الثانوية عند البلوغ ونمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين.



قطاع عرضى فى الخصية

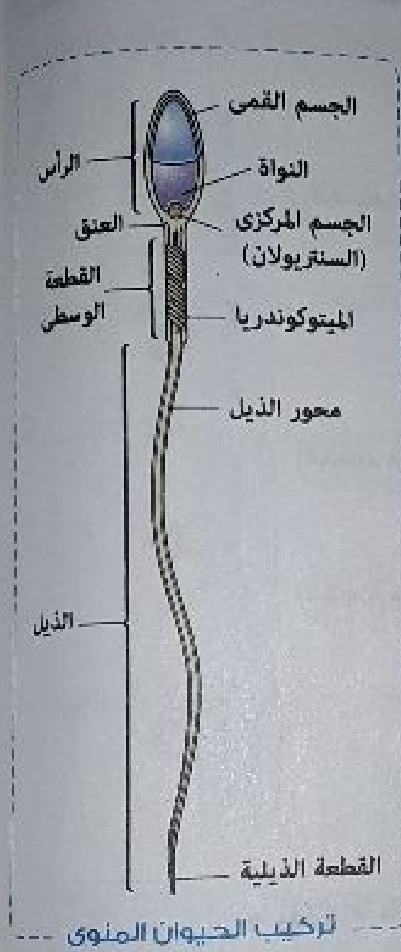
مراحل تكوين الحيوانات المنوية

* تمر عملية تكوين الحيوانات المنوية بأربع مراحل هامة، وهي كالتالي :



١ مرحلة التضاعف	* يحدث فيها انقسام ميتوزى عدة مرات للخلايا الجرثومية الأمية (٢ن). * ينتج عن هذا الانقسام عدد كبير من الخلايا تسمى **أمهات المنى** (٢ن).
٢ مرحلة النمو	* تختزن فيها أمهات المنى قدرًا من الغذاء فتتحول إلى **خلايا منوية أولية** (٢ن).
٣ مرحلة النضج	* يحدث فيها انقسام **ميوزى أول** للخلايا المنوية الأولية (٢ن) فتعطى **خلايا منوية ثانوية** (ن) (أى يحدث اختزال فى عدد الصبغيات إلى **النصف**). * يحدث انقسام ميوزى **ثان** للخلايا المنوية الثانوية (ن) فتعطى **طلائع منوية** (ن).
٤ مرحلة التشكل النهائى	* تتحول فيها الطلائع المنوية إلى **حيوانات منوية** (ن).

تركيب الحيوان المنوى



تركيب الحيوان المنوى

١ الــرأس :

تحتوى على :

- نـــواة : بها ٢٣ كروموسوم.
- جسم قمى **Acrosome** :
  - يوجد فى مقدمة الرأس.
  - يقوم بإفراز إنزيم الهيالويورنيز الذى يعمل على إذابة جزء من غلاف البويضة مما يسهل عملية اختراق الحيوان المنوى للبويضة.

٢ العنــق :

يحتوى على سنتريولين يلعبان دورًا فى انقسام البويضة المخصبة.

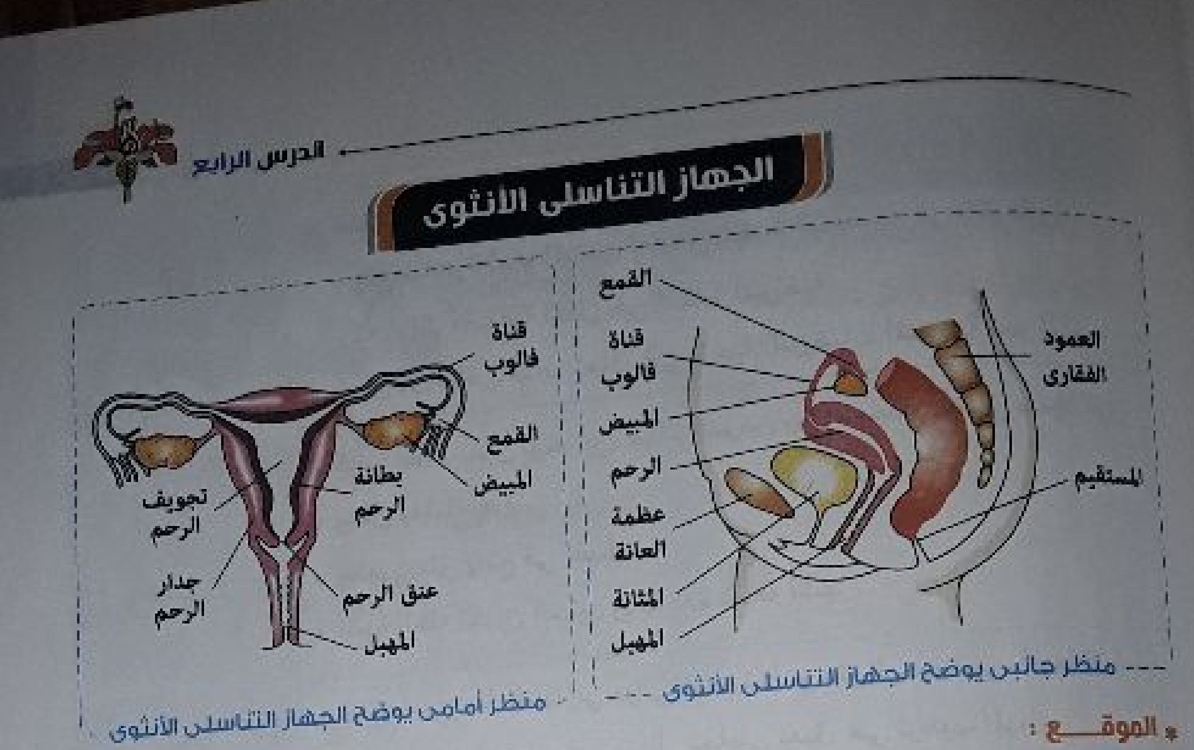
٣ القطعة الوسطى :

تحتوى على ميتوكوندريا تكسب الحيوان المنوى الطاقة اللازمة لحركته.

٤ الذيــل :

- يتكون من محور ينتهى بقطعة ذيلية.
- يساعد على حركة الحيوان المنوى.

الجهاز التناسلى الأنثوى



منظر جانبى يوضح الجهاز التناسلى الأنثوى

منظر أمامى يوضح الجهاز التناسلى الأنثوى

* **الموقــــع :**

تتجمع أعضاء الجهاز التناسلى الأنثوى فى منطقة الحوض خلف المثانة مثبتة فى مكانها بأربطة مرنة تسمح لها بالتمدد أثناء الحمل بالجنين.

* **الوظيفة :**

1. إنتاج البويضات.
2. إنتاج هرمونات الأنوثة.
3. تهيئة مكان آمن لإتمام عملية إخصاب البويضة.
4. إيواء الجنين حتى الولادة.

* **التركيب :** يتركب الجهاز التناسلى الأنثوى للإنسان من :

1 المبيضان

* يوجدان على جانبى تجويف الحوض.
* يأخذ المبيض شكل بيضاوى فى حجم اللوزة المقشورة.
* يحتوى المبيض أثناء الطفولة على **عدة آلاف من البويضات** فى مراحل نمو مختلفة، تنضج منها حوالى ٤٠٠ **بويضة** فقط بعد البلوغ وخلال سنوات الخصوبة التى يمكن أن يحدث بها الإنجاب (التى تستمر حوالى ٣٠ سنة بعد البلوغ) وذلك بمعدل بويضة واحدة من أحد المبيضين بالتبادل مع الآخر شهريًا.

* **أهمية المبيض :**

– إنتاج البويضات.

– إفراز هرمونات البلوغ وهرمونات تنظيم دورة الطمث وتكوين الجنين.



٢ قناتى فالوب

* تفتح كل قناة بواسطة قمع :
  - يقع مباشرةً أمام المبيض لضمان سقوط البويضات فى قناة فالوب.
  - به زوائد أصبعية تعمل على التقاط البويضة.
* تبطن كل قناة بأهداب تعمل على توجيه البويضات المخصبة نحو الرحم.



٣ الرحم

* كيس عضلى مرن يوجد بين عظام الحوض ومزود بجدار عضلى سميك قوى.
* يبطن بغشاء غدى.
* ينتهى بعنق يفتح فى المهبل.
* يتم بداخله تكوين الجنين وذلك لمدة تسعة أشهر.



٤ المهبل

* قناة عضلية يصل طولها إلى حوالى ٧ سم، تبدأ من عنق الرحم وتنتهى بالفتحة التناسلية.
* يبطن المهبل بغشاء يفرز سائل مخاطى يعمل على ترطيب المهبل.
* يحوى المهبل ثنيات تسمح بتمدده خاصةً أثناء خروج الجنين.

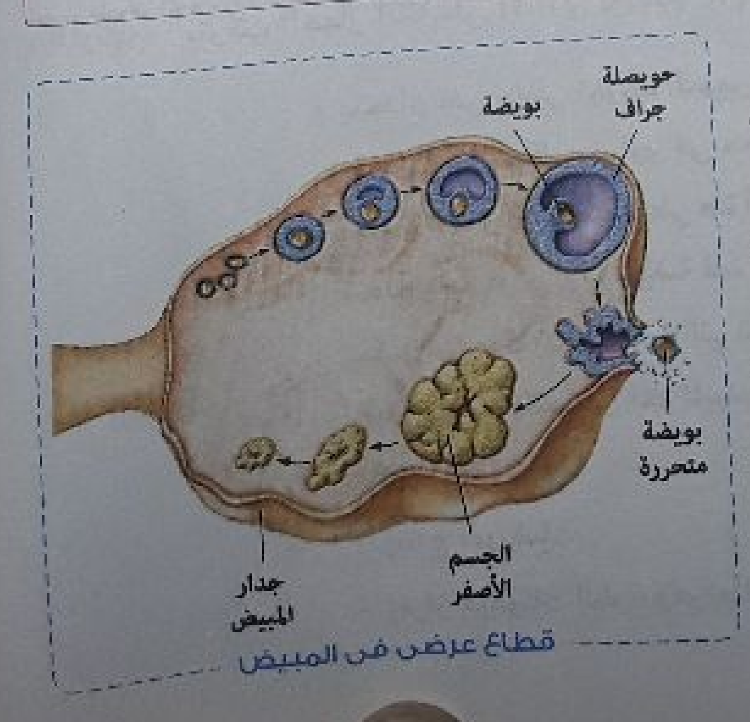
ملحوظة

تتغير حالة الجهاز التناسلى للأنثى بصفة دورية بعد البلوغ عند عمر (١٢ : ١٥سنة) تبعًا لنشاط المبيض والرحم وما يرتبط بهما من إخصاب وحمل، أو عدم حدوث حمل ونزول النزيف الشهرى (الطمث) وعندما تبلغ الأنثى عمر (٤٥ : ٥٠ سنة) يتوقف نشاط المبيضين فتقل الهرمونات وتنكمش بطانة الرحم ويتوقف حدوث الطمث.

* **التركيب المجهرى للمبيض :**

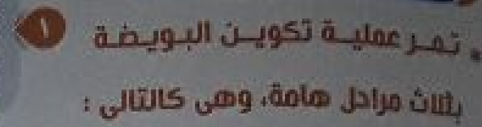
من خلال دراسة قطاع عرضى فى المبيض، يتضح أن :

- المبيض يتكون من مجموعة من الخلايا فى مراحل نمو مختلفة.
- البويضة تكون داخل حويصلة جراف.
- حويصلة جراف تتحول إلى جسم أصفر بعد تحرر البويضة منها.

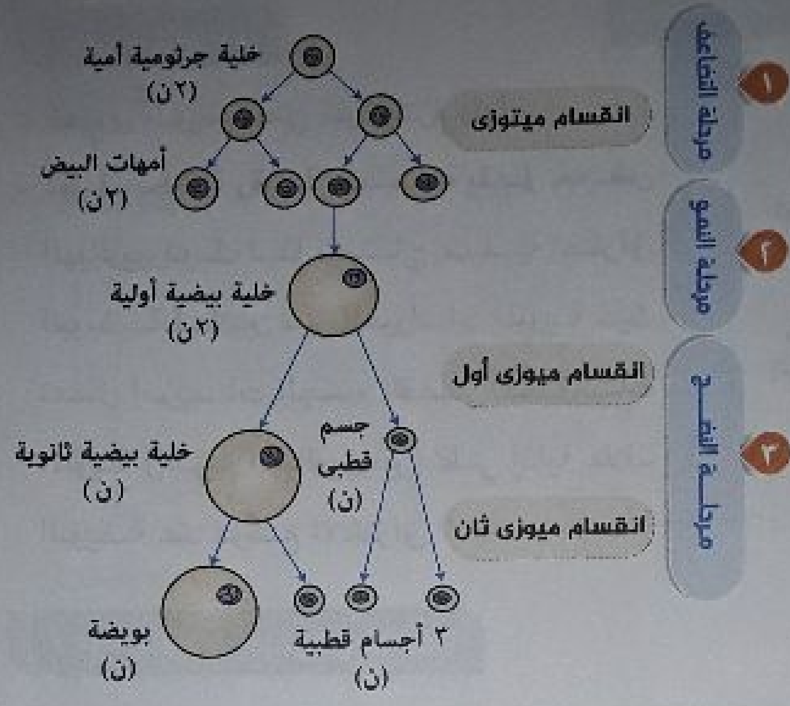


قطاع عرضى فى المبيض

مراحل تكوين البويضة



* تمر عملية تكوين البويضة بثلاث مراحل هامة، وهى كالتالى :





مرحلة التضاعف

* تتم هذه المرحلة أثناء التكوين الجنينى للأنثى، حيث :
  - يحدث **انقسام ميتوزى** للخلايا الجرثومية الأمية (٢ن).
  - ينتج عن هذا الانقسام تكوُّن خلايا تسمى **أمهات البيض** (٢ن).



مرحلة النمو

* تتم هذه المرحلة أيضًا أثناء التكوين الجنينى للأنثى، حيث :
تختزن أمهات البيض (٢ن) قدرًا من الغذاء، فتكبر فى الحجم، وتتحول إلى **خلايا بيضية أولية** (٢ن).



مرحلة النضج

* يحدث **انقسام ميوزى أول** للخلية البيضية الأولية (٢ن)، فتعطى :
  - **خلية بيضية ثانوية** (ن).
  - **جسم قطبى** (ن).

وتكون الخلية البيضية الثانوية أكبر من الجسم القطبى لاحتوائها على الغذاء المدخر.

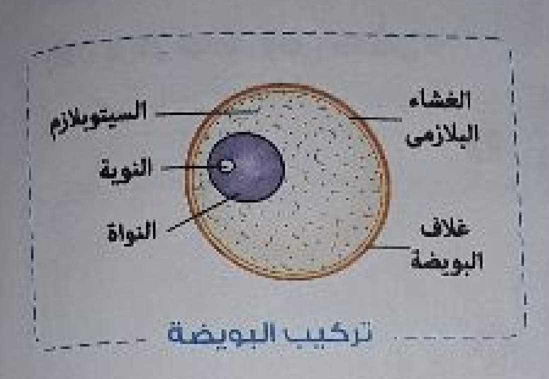
* يحدث **انقسام ميوزى ثان** للخلية البيضية الثانوية (ن)، فتعطى :
  - **بويضة** (ن).
  - **جسم قطبى** (ن).

ويحدث الانقسام الميوزى الثانى لحظة دخول الحيوان المنوى داخل البويضة لإتمام عملية الإخصاب (أى أنه انقسام مؤجل أو مشروط).

* قد يحدث **انقسام ميوزى ثان** للجسم القطبى (ن)، فيعطى :
جسمان قطبيان، (بذلك تكون المحصلة ثلاثة أجسام قطبية).

تركيب البويضة

* تحتوى البويضة على سيتوبلازم ونواة.
* تغلف بطبقة رقيقة متماسكة بفعل **حمض الهيالويورنيك** لذا تحتاج عملية اختراق البويضة لملايين من الحيوانات المنوية حيث تعمل إنزيمات الجسم القمى للحيوانات المنوية (إنزيم الهيالويورنيز) على إذابة غلاف البويضة عند موضع الاختراق.



تركيب البويضة

دورة التزاوج Breeding cycle

دورة التزاوج

فترات معينة فى حياة الثدييات المشيمية ينشط فيها المبيض فى الأنثى البالغة بصفة دورية منتظمة، وتتزامن هذه الفترات مع وظيفة التزاوج والإنجاب.

* تختلف مدة دورة التزاوج فى الثدييات المختلفة، **فقد تكون :**
  - **سنوية :** كما فى الأسد والنمر.
  - **نصف سنوية :** كما فى القطط والكلاب.
  - **شهرية :** كما فى الأرانب والفئران.
* تعرف الفترة التى ينشط فيها المبيض فى أنثى الإنسان **بالدورة الشهرية (دورة الطمث)**، ومدتها ٢٨ يوم حيث يتبادل المبيضان فى إنتاج البويضات.

دورة الطمث (الحيض) Menstrual Cycle



FSH ، LH

24
16
8
0

FSH
LH

بروچسترون
إستروچين

20
16
12
8
4
0

500
400
300
200
100
0

إستروچين
بروچسترون

1 7 14 21 28 1

حويصلة جراف
حويصلة ناضجة
التبويض
الجسم الأصفر

0 0

1 7 14 21 28 1

مرحلة الطمث
مرحلة نضج البويضة
مرحلة التبويض

* تنقسم دورة الطمث (الحيض) إلى ثلاث مراحل كالتالى :

١ مرحلة نضج البويضة

* يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية **هرمون التحوصل (FSH)** الذى يحفز المبيض لإنضاج حويصلة جراف المحتوية على البويضة.

* يستغرق نمو حويصلة جراف حوالى **عشرة أيام**.

* تفرز حويصلة جراف أثناء نموها هرمون الإستروچين الذى يعمل على إنماء بطانة الرحم.

٢ مرحلة التبويض

* تبدأ هذه المرحلة عندما يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية **الهرمون المصفر (LH)** (فى **اليوم الرابع عشر** من بدء الطمث) الذى يسبب انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف.

* يفرز الجسم الأصفر هرمون **البروچسترون** الذى يعمل على زيادة سُمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموى بها (لإعداد الرحم لاستقبال الجنين) ويستمر هذا الطور حوالى ١٤ يوم.

٣ مرحلة الطمث

* تتم هذه المرحلة فى حالة عدم حدوث إخصاب للبويضة، حيث :

يبدأ الجسم الأصفر فى الضمور التدريجى ويقل إفراز هرمون البروچسترون، مما يؤدى إلى :

- تهدم بطانة الرحم وتمزق الشعيرات الدموية بسبب انقباضات الرحم.
- خروج الدم الذى يعرف بـ «الطمث» مستغرقًا من ٣ : ٥ أيام وتبدأ دورة جديدة للمبيض الآخر.

* فى حالة حدوث إخصاب للبويضة :

- يبقى الجسم الأصفر ليفرز هرمون البروچسترون مما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة.
- يصل الجسم الأصفر لأقصى نموه فى نهاية الشهر الثالث للحمل.
- يبدأ الجسم الأصفر فى الانكماش، فى الشهر الرابع للحمل وذلك حينما تكون المشيمة قد تقدم نموها فى الرحم وتصبح قادرة على إفراز هرمون البروچسترون فتحل محل الجسم الأصفر فى إفراز هذا الهرمون الذى ينبه الغدد الثديية على النمو التدريجى.

ملحوظة

تحل المشيمة فى الشهر الرابع محل الجسم الأصفر فى إفرازه لهرمون البروچسترون، لذا فإن تحلل الجسم الأصفر قبل الشهر الرابع (أى قبل اكتمال نمو المشيمة) يؤدى إلى الإجهاض.

★ **مما سبق يمكن تلخيص بعض التراكيب أحادية وثنائية المجموعة الصبغية فى الكائنات الحية :**

التركيـب	المجموعة الصبغية
* الخلايا الجسمية في ذكور نحل العسل	(ن)
* الأسبوروزويتات فى بلازموديوم الملاريا	(ن)
* الأطوار المشيجية لبلازموديوم الملاريا	(ن)
* الأمشاج (المذكرة والمؤنثة)	(ن)
* الطور المشيجي لنبات الفوجير	(ن)
* الأنثريديا فى نبات الفوجير	(ن)
* الجراثيم الصغيرة فى متك الزهرة	(ن)
* نواة الكيس الجنينى (النواة القطبية)	(ن)
* الخلايا المنوية الثانوية	(ن)
* الحيوان المنوى	(ن)
* البويضة	(ن)
* الخلايا الجسمية فى إناث نحل العسل (الملكة والشغالات)	(٢ن)
* اللاقحة (الزيجوت)	(٢ن)
* الطور الحركى لبلازموديوم الملاريا	(٢ن)
* الخلايا الجرثومية فى نبات الفوجير	(٢ن)
* أمهات المنى	(٢ن)
* أمهات البيض	(٢ن)

التركيـب	المجموعة الصبغية
* خلايا طحلب الأسبيروجيرا	(ن)
* الميروزويتات فى بلازموديوم الملاريا	(ن)
* كيس البيض لبلازموديوم الملاريا	(ن)
* الجرثومة	(ن)
* السابحات المهدبة فى نبات الفوجير	(ن)
* الأرشيجونيا فى نبات الفوجير	(ن)
* النواة الذكرية لحبة اللقاح	(ن)
* نواة خلية البيضة	(ن)
* الطلائع المنوية	(ن)
* الخلية البيضية الثانوية	(ن)
* الجسم القطبى	(ن)
* الخلايا الجسمية فى حشرة المن	(٢ن)
* اللاقحة الجرثومية (الزيجوسبور) فى طحلب الأسبيروجيرا	(٢ن)
* الطور الجرثومى لنبات الفوجير	(٢ن)
* الخلية الجرثومية الأمية	(٢ن)
* الخلايا المنوية الأولية	(٢ن)
* الخلية البيضية الأولية	(٢ن)



الفصل 3 | الدرس الخامس

تابع التكاثر فى الإنســان



الإخصاب



الإخصاب

اندماج المشيج المذكر (الحيوان المنوى) مع المشيج المؤنث (البويضة) لتكوين الزيجوت الذى ينقسم مكونًا الجنين.

* تتحرر البويضة فى اليوم **الرابع عشر** من بدء الطمث وتكون جاهزة للإخصاب فى خلال يومين ويتم إخصابها فى الثلث الأول من قناة فالوب.
* يخرج من الرجل فى كل مرة تزاوج من ٣٠٠ : ٥٠٠ مليون حيوان منوى يُفقد الكثير منها أثناء رحلتها إلى البويضة.
* تبقى الحيوانات المنوية حية داخل الجهاز التناسلى للأنثى من ٢ : ٣ يوم.
* تشترك الحيوانات المنوية معًا فى إفراز إنزيم **الهيالويورنيز** الذى يذيب جزء من غلاف البويضة الذى يتماسك بواسطة حمض **الهيالويورنيك**.
* يدخل البويضة رأس وعنق حيوان منوى واحد تاركًا القطعة الوسطى والذيل خارجًا.
* تحيط البويضة نفسها بعد الإخصاب بغلاف يمنع دخول أى حيوان منوى آخر.

حيوان منوى نجح فى اختراق البويضة
نواة البويضة
غلاف البويضة

عملية إخصاب البويضة

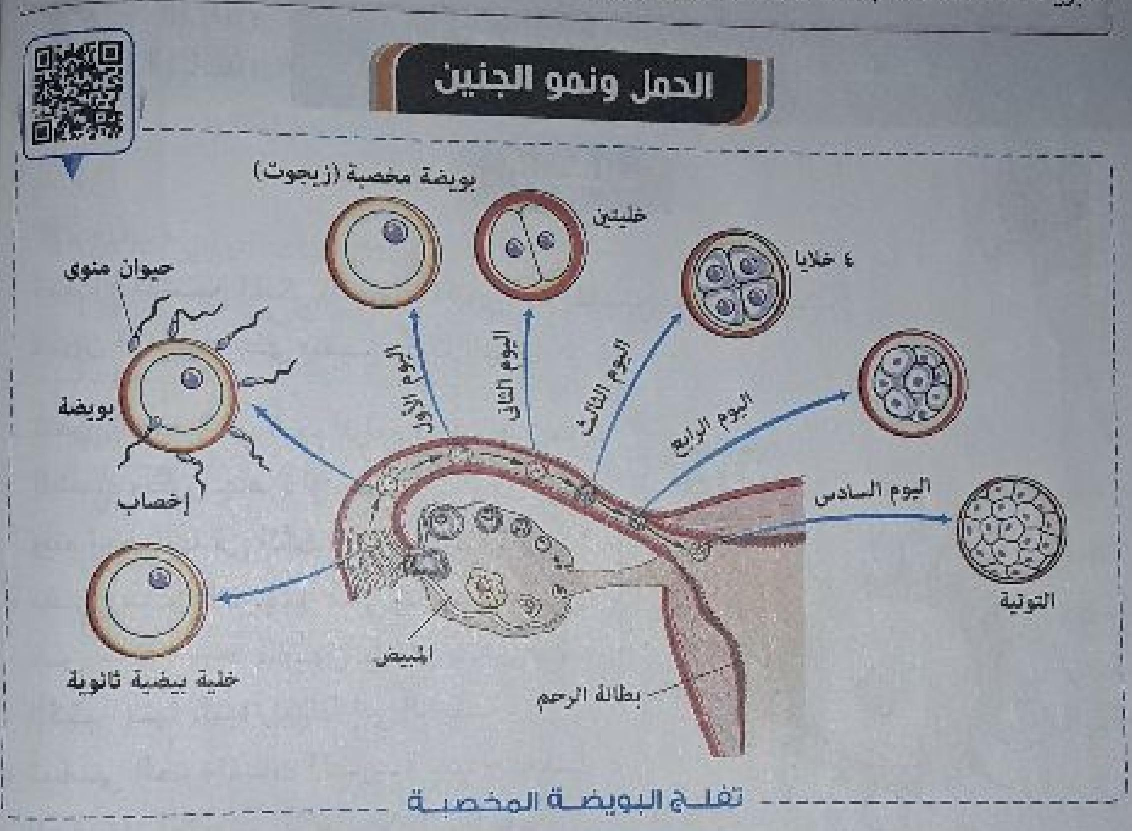
أضف إلى معلوماتك

يرث الجنين الميتوكوندريا من الأم وليس من الأب، لأنه عند الإخصاب يدخل رأس وعنق الحيوان المنوى فقط ولا تدخل القطعة الوسطى المحتوية على الميتوكوندريا، بينما البويضة هى التى تحتوى على الميتوكوندريا.

ملحوظة

قد يُعتبر الرجل عقيمًا إذا كان عدد الحيوانات المنوية أقل من ٢٠ مليون (في كل مرة تزاوج) ذلك لأنه يُفقد الكثير منها أثناء رحلتها إلى البويضة كما أنه يلزم لإذابة غلاف البويضة المتماسك بفعل حمض الهيالويورنيك عدد هائل من الحيوانات المنوية.

الحمل ونمو الجنين



تفلج البويضة المخصبة

* **بعد يوم واحد من الإخصاب:** تنقسم اللاقحة (الزيجوت) في بداية قناة فالوب **ميتوزيًا** إلى خليتين (فلجتين).
* **بعد يومين:** تتضاعف الخليتين إلى أربع خلايا.
* يتكرر الانقسام حتى تتكون كتلة من الخلايا الصغيرة تسمى «**التوتية Morula**»، التي تهبط بواسطة دفع أهداب قناة فالوب لها، حتى تصل إلى الرحم وتنغمس بين ثنايا بطانة الرحم السميكة **في نهاية الأسبوع الأول**.

ملحوظة

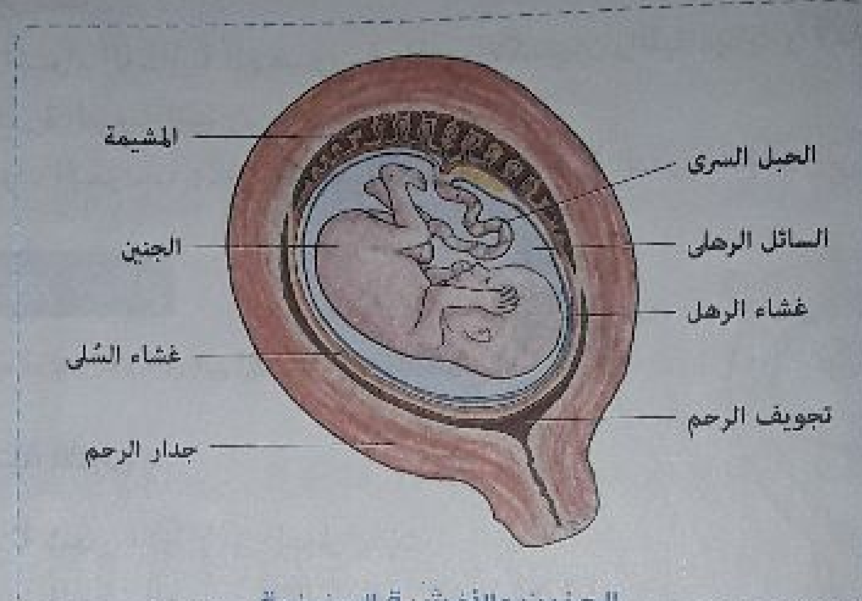
تتميز بطانة الرحم بالإمداد الدموى اللازم لتكوين الجنين طوال أشهر الحمل التسعة.

* يتزايد نمو الجنين ويتدرج بناء الأنسجة وتكوين الأعضاء وينشأ حول الجنين أغشية تسمى «**الأغشية الجنينية**».



الأغشية الجنينية

* تشمل الأغشية الجنينية غشاءان، الداخلى هو «الرهل **Amnion**» والخارجى هو «السُلى **Chorion**».



الجنين والأغشية الجنينية

• غشاء الرهل (أمنيون)

غشاء يحيط بالجنين ويحتوى على سائل يحمى الجنين من الجفاف ويساعده على تحمل الصدمات.

• غشاء السُلى (كوريون)

غشاء يحيط بغشاء الرهل ويعمل على حماية الجنين.

* يخرج من **غشاء السُلى** بروزات أو خملات أصبعية الشكل تنغمس داخل بطانة الرحم وتتلامس فيها الشعيرات الدموية لكل من الجنين والأم وتسمى «المشيمة».

* **أهمية المشيمة :**

١ نقل المواد الغذائية المهضومة والماء والأكسجين والڤيتامينات من دم الأم إلى دم الجنين بالانتشار.

٢ تخلص الجنين من المواد الإخراجية دون أن يختلط دم الجنين بدم الأم.

٣ تفرز هرمون البروچسترون بدءًا من الشهر الرابع للحمل وذلك بعد ضمور الجسم الأصفر وهكذا تصبح المشيمة هى مصدر إفراز البروچسترون.

٤ تفرز هرمون الريلاكسين الذى يزداد إفرازه عند نهاية فترة الحمل ليعمل على ارتخاء الارتفاق العانى لتسهيل عملية الولادة.

ملحوظة

تقوم المشيمة بنقل العقاقير وكذلك المواد الضارة مثل الكحول والنيكوتين والڤيروسات من دم الأم إلى الجنين مما يسبب له أضرارًا بالغة وتشوهات وأمراض.

* يتصل الجنين بالمشيمة بواسطة نسيج غنى بالشعيرات الدموية يسمى «الحبل السرى Umbilical Cord» الذى يصل طوله حوالى ٧٠ سم، ليسمح بحرية حركة الجنين.

* **أهمية الحبل السرى :**

١ نقل المواد الغذائية المهضومة والماء والأكسجين والڤيتامينات والأملاح من المشيمة إلى الدورة الدموية للجنين.

٢ نقل المواد الإخراجية وثانى أكسيد الكربون من الدورة الدموية للجنين إلى المشيمة.

مراحل تكوين الجنين



* **تنقسم فترة تكوين الجنين إلى ثلاث مراحل، كالتالى :**

١ المرحلة الأولى

* **تشمل الثلاثة شهور الأولى من الحمل، حيث :**
- يبدأ تكوين الجهاز العصبى والقلب (فى الشهر الأول).
- تتميز العينان واليدان.
- يتميز الذكر عن الأنثى إذ تتكون الخصيتان فى الأسبوع السادس ويتكون المبيضان فى الأسبوع **الثانى عشر**.
- يصبح للجنين القدرة على الاستجابة.



جنين عمره ٣ شهور

٢ المرحلة الثانية

* **تشمل الثلاثة شهور الوسطى، حيث :**
- يكتمل نمو القلب إذ تُسمع دقاته.
- يتكون الجهاز العظمى.
- تكتمل أعضاء الحس.
- يزداد نمو الجنين فى الحجم.



جنين عمره ٦ شهور

٣ المرحلة الثالثة

* **تشمل الثلاثة شهور الأخيرة، حيث :**
- يكتمل نمو المخ.
- يستكمل نمو باقى الأجهزة الداخلية.
- يتباطأ نمو الجنين فى الحجم.



جنين عمره ٩ شهور

الولادة والرضاعة

الولادة

* **فى الشهر التاسع :**
- يبدأ تفكك المشيمة ويقل البروچسترون.
- يقل تماسك الجنين بالرحم (استعدادًا للولادة).
- يبدأ المخاض بانقباض عضلات الرحم بشكل متتابع فيندفع الجنين إلى الخارج على أثر ذلك.

* **بعد اندفاع الجنين الى الخارج يحدث الاتى :**
- يصرخ المولود فيبدأ جهازه التنفسى فى العمل على أثر هذه الصرخة.
- تنفصل المشيمة من جدار الرحم وتُطرد للخارج.
- يتم قطع الحبل السرى من جهة المولود ليتحول غذاءه إلى لبن الأم.

الرضاعة

* تبدأ بتنبيه هرمونى من الغدة النخامية إلى الغدد اللبنية فى ثدى الأم لإفراز اللبن (الذى يعتبر أثمن غذاء جسدى وعاطفى)، حيث تفرز الغدة النخامية :
- **هرمون البرولاكتين** الذى يعمل على إفراز اللبن من الغدد اللبنية فى الثدى.
- **هرمون الأوكسيتوسين** الذى له أثرًا مشجعًا فى اندفاع (نزول) الحليب من الغدد اللبنية بعد الولادة استجابة لعملية الرضاعة.

* يقوم لبن الأم بحماية الطفل من كثير من الاضطرابات العضوية والنفسية، ليس فى مرحلة طفولته فقط وإنما فى مستقبله أيضًا.

ملاحظات

(١) عمر الأنثى المناسب للحمل من ١٨ : ٣٥ سنة، وإذا قل أو زاد العمر عن ذلك، يتعرض كل من الأم والجنين لمتاعب خطيرة كما تزداد احتمالات التشوه الخلقى بين أبنائها كما أن الإنجاب من زوج مسن قد يؤدى إلى نفس النتيجة فى الأبناء.

(٢) تختلف مدة الحمل باختلاف نوع الكائن كما يلى :
- الفأر : ٢١ يوم.
- الأغنام : ١٥٠ يوم.
- الإنسان : ٢٧٠ يوم.

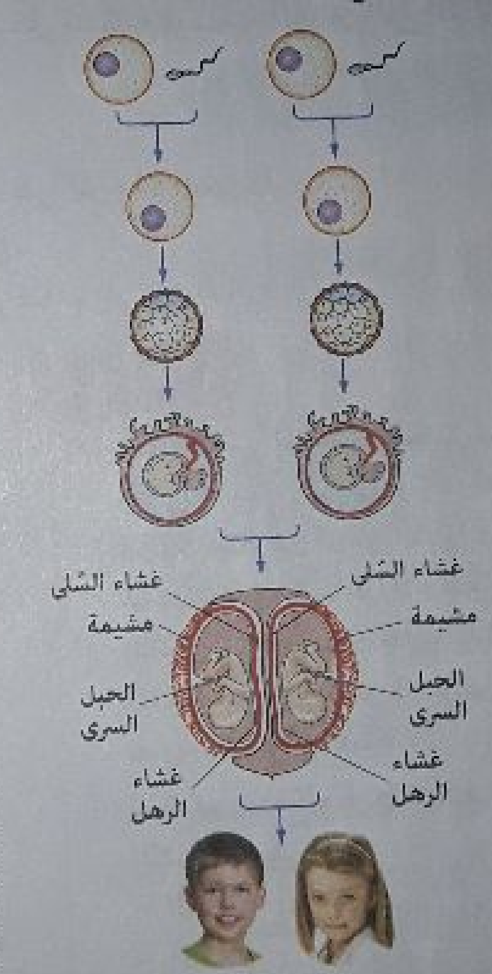
تعدد المواليد

* عادةً ما يولد جنين واحد فى كل مرة ولكن فى بعض الأحيان تتعدد المواليد حتى ستة أطفال فى المرة الواحدة.
* تعتبر التوائم الثنائية هى الأكثر شيوعًا إذ تصل نسبتها فى العالم (١ توائم ثنائية : ٨٦ ولادة فردية)، بينما تندر التوائم المتعددة.

* هناك نوعان من التوائم، هما :

توائم غير متماثلة - متآخية (ثنائية اللاقحة)
Dizygotic Twins

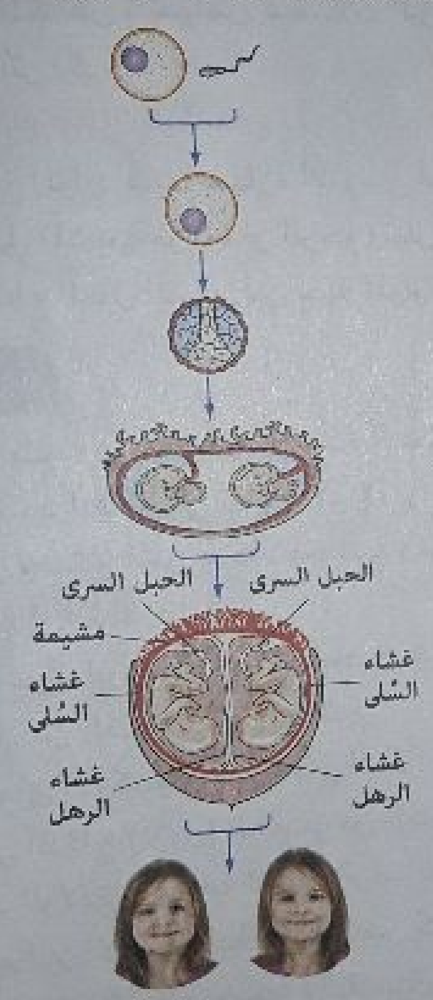
* تنتج من تحرر بويضتين (من مبيض واحد أو من الاثنين) وإخصاب كل منهما بحيوان منوى على حدة.



* لكل جنين منهما كيس جنيني ومشيمة مستقلة.
* الجنينان يحملان چينات مختلفة وبالتالى :
  - يختلفان فى الصفات الوراثية (شقيقين لهما نفس العمر).
  - قد يختلفان فى الجنس.

توائم متماثلة (أحادية اللاقحة)
Monozygotic Twins

* تنتج من بويضة واحدة مخصبة بحيوان منوى واحد وتنقسم اللاقحة أثناء تفلجها إلى جزئين يكون كل منها جنين.



* للجنينين مشيمة واحدة.
* الجنينان يحملان نفس الچينات وبالتالى :
  - يتطابقان تمامًا فى جميع الصفات الوراثية.
  - لهما نفس الجنس.

التوأم السيامى

توأم متماثل يولد ملتصق فى مكان ما بالجسم ويمكن الفصل بينهما جراحيًا فى بعض الحالات.

مشاكل مرتبطة بالإنجاب

* هناك مشاكل مرتبطة بالإنجاب فى الإنسان، هى :
- **مشكلة زيادة النسل** : يستخدم فى حلها وسائل منع الحمل.
- **مشكلة العقم** : يستخدم فى حلها وسائل علمية متطورة.

* فيما يلى سندرس أهم وسائل حلول هذه المشاكل كما يلى :

أ وسائل منع الحمل

* يمكن منع الحمل بإحدى الطرق التالية :

١ **الأقراص** : - يبدأ استخدامها بعد انتهاء الطمث ولمدة ثلاثة أسابيع.
- تحتوى على هرمونات صناعية تشبه الإستروچين والبروچسترون.
- تمنع عملية التبويض.

٢ **اللولب** : يستقر اللولب فى الرحم ليمنع استقرار البويضة المخصبة فى بطانته.

٣ **الواقى الذكرى** : يستخدمه الذكر لمنع دخول الحيوانات المنوية إلى المهبل.

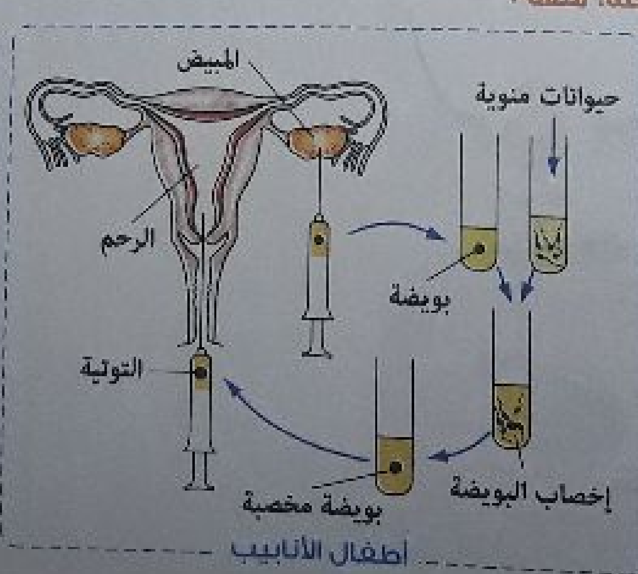
٤ **التعقيم الجراحى** :
- **للأنثى** : يتم ربط قناتى فالوب أو قطعهما لمنع وصول الحيوانات المنوية إلى البويضات التى ينتجها المبيض وإخصابها.
- **للرجل** : يتم ربط الوعاءين الناقلين أو قطعهما لمنع خروج الحيوانات المنوية من خلالهما.

ب وسائل علاج العقم

* يوجد عدة وسائل علمية لعلاج هذه المشكلة، منها :

أطفال الأنابيب

* يتم فصل بويضة من مبيض المرأة وإخصابها بحيوان منوى من زوجها داخل أنبوبة اختبار.
* يتم رعاية البويضة المخصبة فى وسط غذائى مناسب، وذلك حتى تصل إلى مرحلة التوتية.
* يُعاد زراعة التوتية فى رحم الزوجة حتى يتم اكتمال تكوين الجنين.



أطفال الأنابيب

زراعة الأنوية

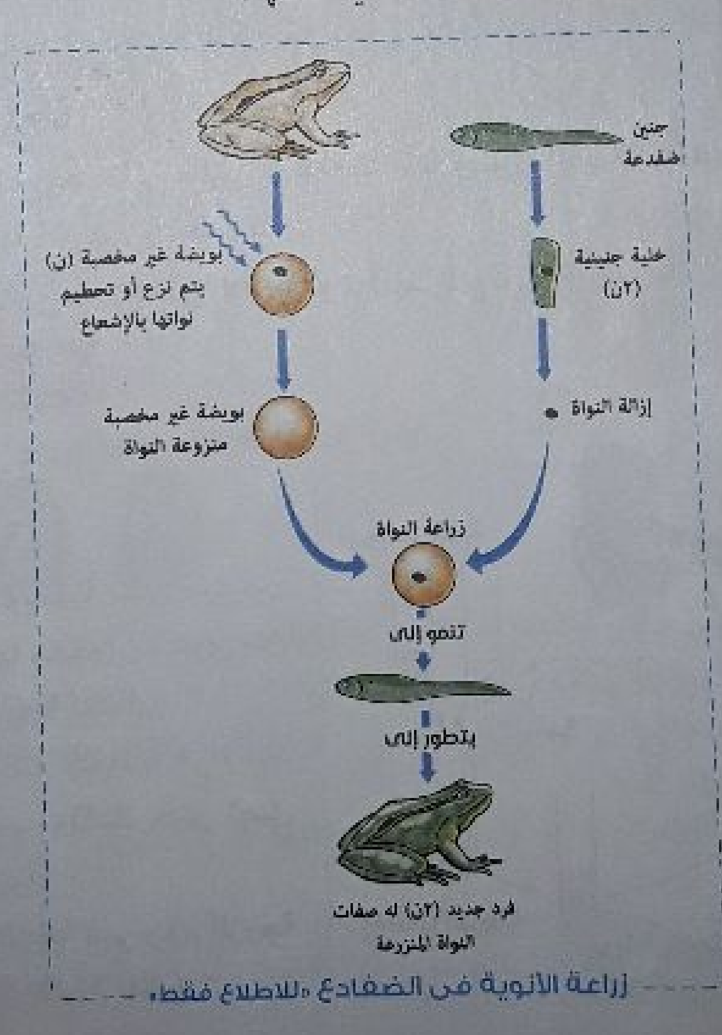
* **الأساس العلمى لزراعة الأنوية :** زرع نواة خلية جنينية متقدمة فى بويضة غير مخصبة (لنفس نوع الكائن) قد سبق نزع نواتها أو تحطيمها بالإشعاع لتنمو إلى فرد جديد ينتمى فى صفاته للنواة المنزرعة.

* **أمثلة :** أجريت تجارب زراعة الأنوية فى الضفادع والفئران.

تجربة على الضفدعة

1. تم إزالة أنوية من خلايا أجنة الضفدعة في مراحل مختلفة من النمو.
2. تم زرع هذه الأنوية فى بويضات غير مخصبة للضفادع قد سبق نزع أنويتها أو تحطيمها بالإشعاع.
3. بدأت كل من هذه البويضات فى النمو العادى إلى أفراد لهم صفات الأنوية المزروعة.

وبذلك أمكن إثبات قدرة الأنوية المنزرعة (النواة التى جاءت من خلية من جنين متقدم) على توجيه نمو الجنين مثل نواة اللاقحة الأصلية نفسها.



زراعة الأنوية فى الضفادع «للاطلاع فقط»



بنوك الأمشاج

* توجد فى بعض دول أوروبا وأمريكا بنوك للأمشاج الحيوانية المنتخبة خاصةً الماشية والخيول.

* **الهدف منها :**

١ **الحفاظ على بعض الأنواع من الانقراض والإكثار منها وقت الحاجة :**

- تحفظ أمشاج هذه الحيوانات فى حالة تبريد شديد (-١٢٠°م) لمدة تصل إلى ٢٠ سنة.
- تستخدم هذه الأمشاج بعد ذلك فى التلقيح الصناعى حتى بعد وفاة أصحابها أو تعرض بعض الأنواع النادرة منها للانقراض.

٢ **التحكم فى جنس المواليد :**

تم إجراء بحوث على حيوانات المزارع بهدف التحكم فى جنس المواليد، **كالتالى :**

- فصل الحيوانات المنوية ذات الصبغى (X) عن الأخرى ذات الصبغى (Y) بوسائل معملية كالطرد المركزى أو تعريضها لمجال كهربى محدود.
- يتم تطبيق هذه التقنية على الماشية **لإنتاج :**
  - **ذكورًا فقط :** بهدف إنتاج اللحوم.
  - **إناثًا فقط :** بهدف إنتاج الألبان والتكاثر (حسب الحاجة).

ملحوظة

يرغب بعض الناس فى الاحتفاظ بأمشاجهم فى تلك البنوك ضماناً لاستمرار نسلهم حتى بعد وفاتهم بسنوات طويلة.

* **يبقى سؤالًا : هل ستنجح هذه التقنية فى حالة الإنسان ؟**





الباب الأول

التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل 4 المناعة فى الكائنات الحية

الدرس الأول المناعة فى النبات.

الدرس الثانى المناعة فى الإنسان.

الدرس الثالث آلية عمل الجهاز المناعى فى الإنسان.

أهداف الفصل :

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف أهمية المناعة للكائنات الحية.
- يقارن بين المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة.
- يستنتج مسببات المرض والموت عند النبات.
- يشرح كيف يعمل جهاز المناعة فى النبات.
- يتعرف المناعة التركيبية والمناعة البيوكيميائية فى النبات.
- يحدد مكونات الجهاز المناعى فى الإنسان.
- يتعرف الأعضاء الليمفاوية فى الإنسان.
- يحدد أنواع الخلايا الليمفاوية.
- يتعرف الأجسام المضادة وطرق عملها.
- يفسر آلية عمل الجهاز المناعى فى الإنسان.
- يحدد بعض وسائل المناعة الطبيعية فى الإنسان.
- يقدر جهود العلماء فى التقدم المذهل فى علم المناعة.
- يقدر عظمة الخالق فى دور بعض أعضاء الجسم فى حمايته من الميكروبات.



الفصل 4 الدرس الأول

المناعـة فى النبـات

مقدمـة

* تتعرض حياة الكائنات الحية للتهديد المستمر من مصادر مختلفة، منها :

- **مصـادر حيوية :** مثل مسـببات الأمـراض كبعض الحشـرات والأوليات الحيوانيـة والفطريات والبكتيريا والفيروسات.
- **مصادر غير حيوية :** مثل الحوادث والكوارث الطبيعية واختلال عناصر البيئة المحيطة.

وبالتالى فإن الكائنات الحية فى صراع دائم مع ما يهدد حياتها من أخطار مما يجعلها تطور من آليات الدفاع عن نفسها من أجل البقاء، **ومن هذه الآليات :**

- تغيير لون الجسم بغرض التمويه.
- إفراز السموم لقتل الكائن الآخر (العدو).
- الجرى للهروب من العدو.

لذلك فقد وهـب الله الكائنات الحية طرق دفاعية متقنة قد تتغير هذه الطرق لمواجهة أسـاليب العدو المختلفة.

- **المناعة Immunity :**

مقدرة الجسـم من خلال الجهاز المناعى على مقاومة مسـببات المرض والأجسام الغريبة وذلك من خلال منع دخولها إلى جسم الكائن الحى أو مهاجمتها والقضاء عليها عند دخولها جسم الكائن الحى.

* يعمل الجهاز المناعى من خلال نظامين، هما :

1. المناعة الفطرية أو الموروثة Innate immunity
2. المناعة المكتسبة أو التكيفية Acquired (adaptive) immunity

وهذان النظامـان المناعيـان يعمـلان بتعـاون وتنسيق مـع بعضهمـا لأن المناعة الفطرية أساسـية لأداء المناعة المكتسبة عملها بنجاح والعكس صحيح، وهذا الترابط يسمح للجسـم بالتعامل مع الكائنات المرضـة بنجاح.




المناعة فى النبات

مسببات المرض والموت عند النبات

* تنحصر مسببات المرض والموت عند النباتات فى ثلاثة مسببات رئيسية، هى :

المسبب	أمثلة	التأثير الضار
١ الأعداء الخطرة	* حيوانات الرعى. * الحشرات. * الفطريات. * البكتيريا. * الفيروسات .... إلخ.	غالبًا ما ينشأ عنها أضرارًا بالغة قد تودى بحياة النبات أو تسبب له أمراضًا خطيرة
٢ الظروف غير الملائمة	* الحرارة العالية. * البرودة الزائدة. * نقص أو زيادة الماء. * نقص العناصر الغذائية. * التربة غير الملائمة ... إلخ.	ينشأ عنهما أضرارًا يمكن تلافيها أو علاجها بزوال السبب، إلا أن بعض عناصر المواد السامة قد تكون قاتلة للنبات
٣ المواد السامة	* الدخان. * الأبخرة السامة. * المبيدات الحشرية. * الصرف الصحى غير المعالج. * المواد المتدفقة من المصانع وغيرها إلى الأنهار ومياه الرى.	

طرق المناعة فى النبات Plant Immunity

* تحمى النباتات نفسها من الكائنات المسببة للمرض بطريقتين، كالتالى :



* فيما يلى سنتعرض لكل منهما بشىء من التفصيل.

أولًا المناعة التركيبية Structural immunity

* تحمى النباتات نفسها بإنجاز بعض الآليات من خلال تراكيب تمتلكها فيما يعرف بـ «المناعة التركيبية».

المناعة التركيبية

حواجز (تراكيب) طبيعية يمتلكها النبات وتمثل خط الدفاع الأول لمنع دخول المسببات المرضية إلى النبات وانتشارها بداخله.

* تتضمن المناعة التركيبية نوعان من الآليات (الوسائل) المناعية، كالتالى :

أ الوسائل المناعية التركيبية الموجودة أصلًا (سلفًا) فى النبات

١ الأدمة الخارجية لسطح النبات

* تمثل الأدمة الخارجية لسطح النبات حائط الصد الأول فى مقاومة مسببات المرض حيث إن الأدمة تتميز بوجود بعض التراكيب المناعية التى تغطيها أو تكسوها، مثل :
  - **الطبقة الشمعية** التى تمنع استقرار الماء عليها فلا تتوافر البيئة الصالحة لنمو الفطريات وتكاثر البكتيريا.
  - **الشعيرات أو الأشواك** التى تمنع :
    - تجمع الماء مما يقلل من فرص الإصابة بالأمراض.
    - أكل النبات من بعض حيوانات الرعى.



طبقة شمعية

شعيرات



٢ الجدار الخلوى

* يمثل الجدار الخلوى الواقى الخارجى للخلايا خاصةً خلايا طبقة البشرة الخارجية حيث إنه يتركب بصفة أساسية من السليلوز وبعد تغلظه باللجنين يصبح صلبًا مما يصعب على الكائنات المرضة اختراقه.

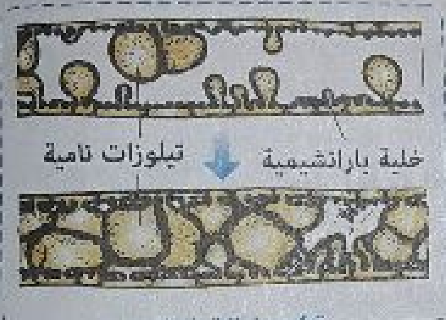


ب الوسائل المناعية التركيبية الناتجة كاستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة

١ تكوين الفلين Formation of Phellem (cork) :

- يتكون الفلين لكى يعزل المناطق النباتية التى تعرضت للقطع أو التمزق مما يمنع دخول الكائن الممرض للنبات.
- **تتعرض المناطق النباتية للقطع أو التمزق نتيجة :**
  - نمو النبات فى السُمك.
  - جمع الثمار.
  - سقوط الأوراق فى الخريف.
  - تعدى الإنسان والحيوان.

٢ تكوين التيلوزات Formation of Tyloses :



تكوين التيلوزات

التيلوزات
نموات زائدة تنشأ نتيجة تمدد الخلايا البارانشيمية المجاورة لقصيبات الخشب وتمتد داخلها من خلال النقر.

- تتكون التيلوزات بسبب تعرض الجهاز الوعائى للنبات للقطع أو الغزو من الكائنات المرضة.
- **أهمية التيلوزات :** تعيق حركة الكائنات المرضة إلى الأجزاء الأخرى فى النبات.

٣ ترسيب الصموغ Deposition of Gums :


ترسيب الصموغ

تفرز النباتات المصابة بجروح أو قطوع مادة الصمغ حول مواضع الإصابة حتى تمنع دخول الميكروبات داخل النبات من خلال الأجزاء المجروحة أو المقطوعة.

٤ التراكيب المناعية الخلوية Cellular immune structures :

التراكيب المناعية الخلوية
تراكيب خلوية فى النبات تحدث بها بعض التغيرات الشكلية نتيجة غزو الكائنات المرضة للنبات.

- **من أمثلتها :**
  - انتفاخ الجدر الخلوية لخلايا البشرة وتحت البشرة أثناء الاختراق المباشر للكائن المرض مما يؤدى إلى تثبيط اختراقه لتلك الخلايا.
  - إحاطة خيوط الغزل الفطرى المهاجمة للنبات بغلاف عازل حتى يمنع انتقاله من خلية إلى أخرى.



⑤ **التخلص من النسيج المصاب (الحساسية المفرطة) :**

يقوم النبات بالتخلص من الكائن المرض عن طريق قتل أنسجته المصابة وذلك لمنع انتشار الكائن الممرض منها إلى أنسجته السليمة.

ثانيا المناعة البيوكيميائية Biochemical immunity

المناعة البيوكيميائية :

استجابات النبات لإفراز مواد كيميائية ضد الكائنات الممرضة.

* **تتضمن المناعة البيوكيميائية الآليات المناعية التالية :**

① **المستقبلات Receptors التى تدرك وجود الميكروب وتنشط دفاعات النبات :**

- هـى مركبات توجد فى النباتات السـليمة والمصابـة إلا أن تركيزها يزداد فى النباتات عقب الإصابة.
- **وظيفتها :**

(١) إدراك وجود الميكروب.

(٢) تنشيط دفاعات النبات بتحفيز وسائل جهاز المناعة الموروثة فيه.

② **مواد كيميائية مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial chemicals :**

- هى مركبات تفرزها بعض النباتات لمقاومة الكائنات الممرضة، وهى قد :
  - تكون موجودة أصلًا فى النبات قبل حدوث الإصابة.
  - تؤدى الإصابة إلى تكوينها (أى تتكون بعد مهاجمة الكائن الممرض للنبات).
- **أمثلة :**

(١) **الفينولات والجلوكوزيدات Phenols and Glycosides :**

هى مركبات كيميائية سامة تقتل الكائنات الممرضة (مثل البكتيريا) أو تثبط نموها.

(٢) **أحماض أمينية غير بروتينية Non-protein amino acids :**

هـى أحمـاض أمينية لا تدخل فى بنـاء البروتينات فى النبـات ولكنها تعمل كمواد واقية له حيث إنها تشمل مركبات كيميائية سامة للكائنات الممرضة، مثل : الكانافنين Canavanine، السيفالوسبورين Cephalosporin

③ **بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial proteins :**

- هى بروتينات غير موجودة أصلًا بالنبات ولكنه يستحث إنتاجها نتيجة الإصابة.
- **وظيفتها :** تتفاعل مع السـموم التى تفرزها الكائنات الممرضة وتحولهـا إلى مركبات غير سامة للنبات.

- **مثال :** إنزيمات نزع السُمية Detoxifying enzymes، هى إنزيمات تنتجها النباتات أحيانًا لكى تقوم بالتفاعل مع السموم التى تفرزها الكائنات المرضة وتبطل سُميتها.

* بالإضافة لما سبق نجد أن بعض النباتات تقوم بتعزيز وتقوية دفاعاتها بعد الإصابة حتى تحمى نفسها من أى إصابة جديدة وذلك لاستمرار وجود المواد الكيميائية التى تكونت نتيجة حدوث الإصابة.

* **مما سبق يمكن عقد المقارنة التالية :**

المناعة التركيبية فى النبات	المناعة البيوكيميائية فى النبات
* حواجز (تراكيب) طبيعية يمتلكها النبات وتمثل خط الدفاع الأول لمنع دخول المسببات المرضية إلى النبات وانتشارها بداخله.	* استجابات النبات لإفراز مواد كيميائية ضد الكائنات المرضة.
* **تتضمن نوعان من الآليات المناعية، هما :** (١) الوسائل المناعية التركيبية الموجودة أصلًا فى النبات، **وهى تتمثل فى :** - الأدمة الخارجية لسطح النبات. - الجدار الخلوى. (٢) الوسائل المناعية التركيبية الناتجة كاستجابة للإصابة بالكائنات المرضة، **وهى تتمثل فى :** - تكوين الفلين. - تكوين التيلوزات. - ترسيب الصموغ. - التراكيب المناعية الخلوية. - التخلص من النسيج المصاب (الحساسية المفرطة).	* **تتضمن الآليات المناعية التالية :** (١) المستقبلات التى تدرك وجود الميكروب وتنشط دفاعات النبات. (٢) المواد الكيميائية المضادة للكائنات الدقيقة، **مثل :** - الفينولات والجلوكوزيدات. - الأحماض الأمينية غير البروتينية. (٣) البروتينات المضادة للكائنات الدقيقة، **مثل :** - إنزيمات نزع السُمية.



دور الإنسان فى حماية النبات من الكائنات الممرضة

* يمثل النبات أهمية كبرى للإنسـان لذلك يسـتعمل طرقًا ويسـتحدث وسـائل تعمل على حماية ووقاية النباتات من الأمراض، **مثل :**

1. استعمال مبيدات للقضاء على الأعشاب الضارة.
2. مقاومة الحشرات بطرق مختلفة.
3. حث النباتات على مقاومة الأمراض النباتية فيما يعرف بـ «**المناعة المكتسبة**».
4. إنتاج سلالات نباتية مقاومة للأمراض والحشرات **عن طريق :**
   - التربية النباتية (Breeding).

   أو

   - استخدام الهندسة الوراثية.

ملحوظة

يمكن أن تنتقل مركبات تنشيط الحماية والمقاومة من خلية لأخرى وبطريقة منتظمة من خلال جهاز النقل فى النبات الذى يقابل الأوعية الدموية فى الحيوانات.



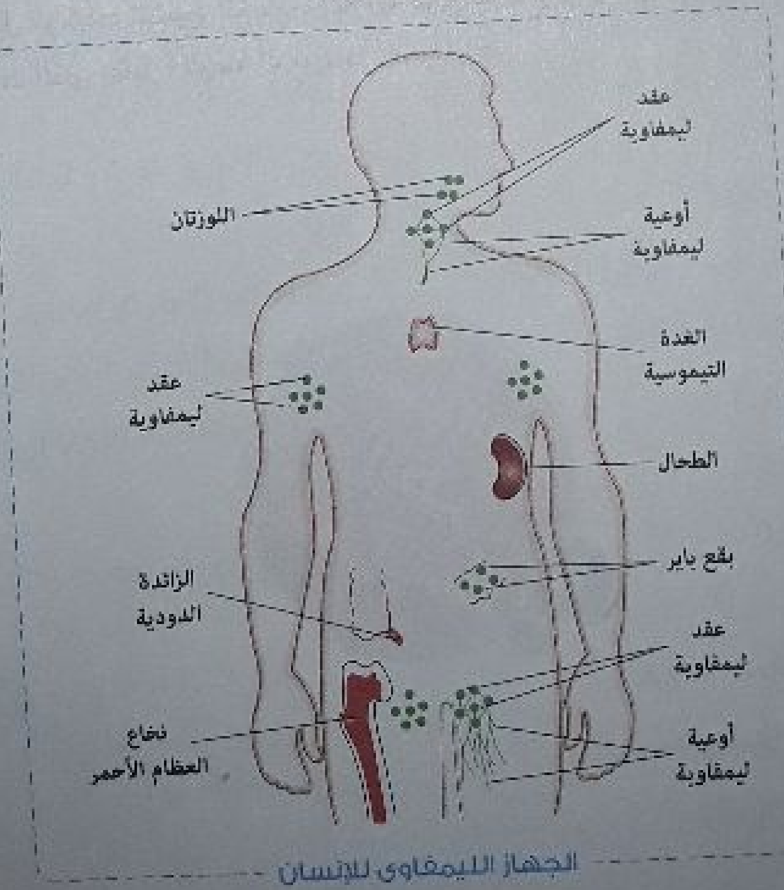


الفصل 4 | الدرس الثانى

المناعة فى الإنسان

الجهاز المناعى فى الإنسان Human Immune System

* هو جهاز متناثر الأجزاء فى أنحاء الجسم أى أن أجزاءه متفرقة لا ترتبط مع بعضها بصورة تشريحية متتالية كما فى الجهاز (الهضمى - الدورى - التنفسى).
وبالرغم من ذلك فإن أجزاءه تتفاعل وتتعاون مع بعضها بصورة متناسقة لذلك يعتبر من الناحية الوظيفية وحدة واحدة.
* يطلق على بعض أعضاء الجهاز المناعى «الأعضاء الليمفاوية» لأنها تعد موطن للخلايا الليمفاوية وهى المكونات الرئيسية للجهاز الليمفاوى.



الجهاز الليمفاوى للإنسان

تركيب الجهاز المناعى فى الإنسان



أولاً الأعضاء الليمفاوية Lymphoid organs



* يتم فى الأعضاء الليمفاوية نضج وتمايز الخلايا الليمفاوية، لذلك فهى تحتوى على أعداد غفيرة من الخلايا الليمفاوية.

* **من أهم الأعضاء الليمفاوية ما يلى :**

١ نخاع العظام Bone marrow

* **مكان وجوده :** نسيج يوجد داخل :
  - العظام المسطحة، مثل :
    - الترقوة. • القص. • الجمجمة. • العمود الفقرى.
    - الضلوع. • الكتف. • الحوض.
  - رؤوس العظام الطويلة كعظام الفخذ والساق والعضد.
* **وظيفته :** إنتاج خلايا الدم الحمراء وخلايا الدم البيضاء وصفائح الدم.

٢ الغدة التيموسية Thymus gland

* **مكان وجودها :** تقع على القصبة الهوائية أعلى القلب وخلف عظمة القص.
* **وظيفتها :** إفراز هرمون **التيموسين Thymosin** الذى يحفز نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية إلى الخلايا التائية (T) وتمايزها إلى أنواعها المختلفة داخل الغدة التيموسية.



٣ اللوزتان Tonsils

اللوزتان

* غدتان ليمفاويتان.
* **مكان وجودهما :** تقعان على جانبى الجزء الخلفى من الفم.
* **وظيفتهما :** التقاط أى ميكروب أو جسم غريب يدخل مع الطعام أو الهواء، وتمنع دخوله إلى الجسم، وبذلك تعمل على حماية الجسم.

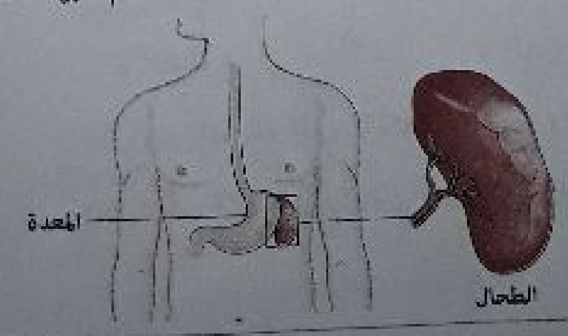
٤ الطحال Spleen



* عضو ليمفاوى صغير لا يزيد حجمه عن قبضة اليد لونه أحمر قاتم.
* **مكان وجوده :** يقع فى الجانب العلوى الأيسر من تجويف البطن.
* **وظيفته :** يلعب دورًا هامًا فى مناعة الجسم نظرًا لاحتوائه على الكثير من :

① **الخلايا البلعمية الكبيرة :** وهى نوع من خلايا الدم البيضاء تقوم بـ :
- التقاط الميكروبات أو الأجسام الغريبة أو الخلايا الجسدية الهرمة (المسنة) ككريات الدم الحمراء المسنة وتفتتها إلى مكوناتها الأولية ليتخلص منها الجسم.
- حمل المعلومات عن الميكروبات والأجسام الغريبة لتقدمها للخلايا المناعية المتخصصة.

② **الخلايا الليمفاوية :** وهى نوع آخر من خلايا الدم البيضاء.



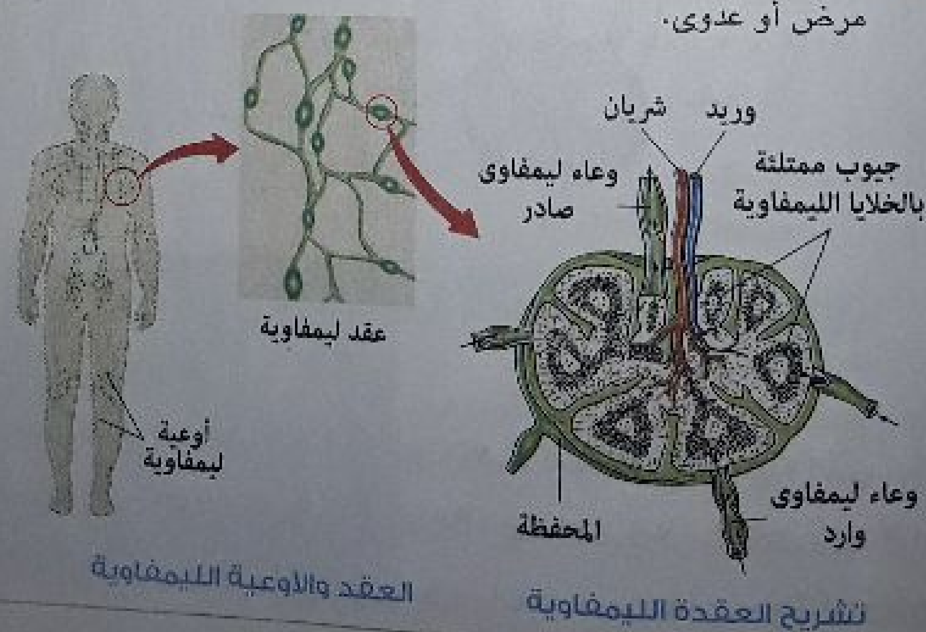


٥ بقع باير Peyer's patches

* عقد صغيرة من الخلايا الليمفاوية تتجمع على شكل لطع أو بقع.
* **مكان وجودها :** تنتشر فى الغشاء المخاطى المبطن للجزء السفلى من الأمعاء الدقيقة.
* **وظيفتهـا :** وظيفتها الكاملة غير معروفة ولكنها تلعب دورًا فى الاستجابة المناعية ضد الكائنات الحية الدقيقة التى تدخل الأمعاء وتسبب الأمراض.

٦ العقد الليمفاوية Lymphatic nodes

* **حجمها :** يتراوح حجمها بين رأس الدبوس وبذرة الفول الصغيرة.
* **مكان وجودها :** تتواجد على طول شبكة الأوعية الليمفاوية الموجودة فى جميع أجزاء الجسم، مثل :
  - تحت الإبطين.
  - على جانبى العنق.
  - أعلى الفخذ.
  - بالقرب من أعضاء الجسم الداخلية.
* **تركيبها :**
  - تنقسم العقدة الليمفاوية من الداخل إلى جيوب تمتلئ بـ :
    ١ الخلايا الليمفاوية البائية (B).
    ٢ الخلايا الليمفاوية التائية (T).
    ٣ الخلايا البلعمية الكبيرة وبعض أنواع من خلايا الدم البيضاء الأخرى التى تخلص الليمف مما به من جراثيم وحطام الخلايا.
  - يتصل بكل عقدة ليمفاوية عدة أوعية ليمفاوية تنقل الليمف إليها من الأنسجة لترشحه وتخلصه مما يعلق به من مسببات الأمراض الغريبة عن الجسم.
* **وظيفتها :**
  ١ تنقى الليمف من أى مواد ضارة أو ميكروبات.
  ٢ تختزن خلايا الدم البيضاء (الخلايا الليمفاوية) التى تساعد فى محاربة أى مرض أو عدوى.



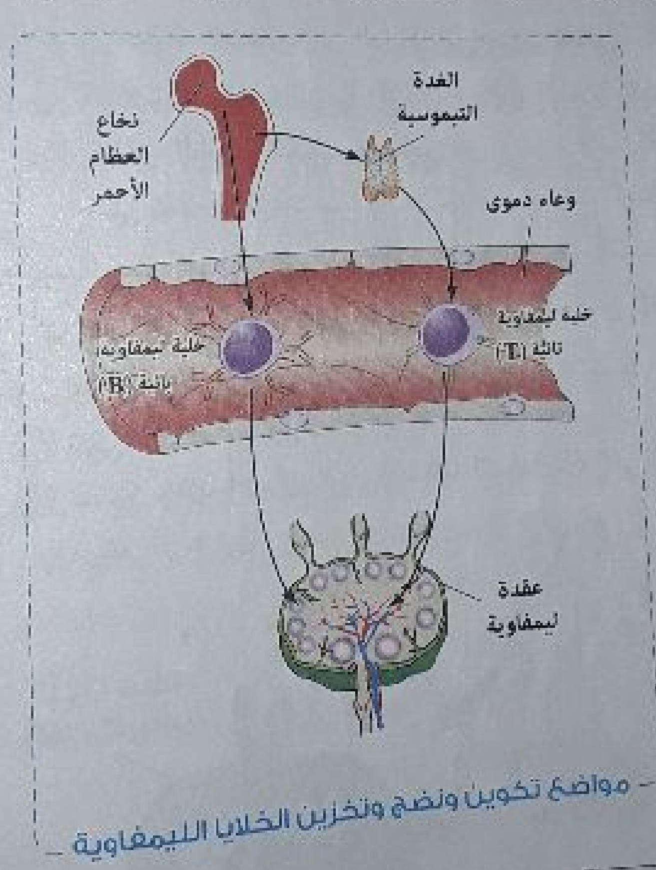
العقد والأوعية الليمفاوية

تشريح العقدة الليمفاوية

ثانيًا الخلايا الليمفاوية Lymphocytes


خلية ليمفاوية

* هى نوع من خلايا الدم البيضاء غير المحببة.
* نسبتها : تشكل حوالى ٢٠ : ٣٠٪ من خلايا الدم البيضاء بالدم.
* مكان تكوينها : تتكون جميع الخلايا الليمفاوية فى نخاع العظام الأحمر.
* قدرتها المناعية : فى بداية تكوين الخلايا الليمفاوية لا يكون لها أى قدرة مناعية ولكنها تمر بعملية نضوج وتمايز فى الأعضاء الليمفاوية لتتحول بعدها إلى خلايا ذات قدرة مناعية.
* وظيفتها : تدور فى الدم باحثة عن أى ميكروب أو جسم غريب فتنشغل آلياتها الدفاعية والمناعية للتخلص من شرور هذه الميكروبات المرضة التى تحاول غزو الجسم والتكاثر والانتشار فيه، وتخريب أنسجته، وتعطيل وظائفه الحيوية الفسيولوجية.



مواضع تكوين ونضج وتخزين الخلايا الليمفاوية

أضف إلى معلوماتك

سميت الخلايا الليمفاوية التائية (T) بهذا الاسم لأنها تنضج فى الغدة التيموسية (Thymus gland)، بينما سميت الخلايا الليمفاوية البائية (B) بهذا الاسم لأن تم اكتشافها لأول مرة فى غدة موجودة بالطيور اكتشفها العالم فابريشس وسميت باسمه بعدها (Bursa of Fabricius).



* **أنواعها :** يوجد ثلاثة أنواع من الخلايا الليمفاوية فى الدم، كما يوضح الجدول التالى :

① الخلايا البائية B-cells

* **نسبتها :** تشكل حوالى ١٠ : ١٥ ٪ من الخلايا الليمفاوية بالدم.
* **مكان تكوينها ونضجها :** يتم إنتاجها ونضجها فى نخاع العظام الأحمر.
* **وظيفتها :** التعرف على أى ميكروبات أو مواد غريبة عن الجسم (مثل البكتيريا أو الفيروسات)، والالتصاق بها ثم إنتاج أجسام مضادة Antibodies لها لتقوم بتدميرها.

② الخلايا التائية T-cells



* **نسبتها :** تشكل حوالى ٨٠ ٪ من الخلايا الليمفاوية بالدم.
* **مكان تكوينها ونضجها :** تتكون فى نخاع العظام الأحمر ويتم نضجها فى الغدة التيموسية.
* **أنواعها :** تتمايز إلى ثلاثة أنواع، هى :

① **الخلايا التائية المساعدة (T_H) Helper T-cells :**

وظيفتها :

(١) تنشط الأنواع الأخرى من الخلايا التائية، وتحفزها للقيام باستجاباتها المناعية.

(٢) تحفز الخلايا البائية لإنتاج الأجسام المضادة.

② **الخلايا التائية السامة «القاتلة» (T_C) Cytotoxic T-cells :**

وظيفتها : تهاجم الخلايا الغريبة عن الجسم، مثل الخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة وخلايا الجسم المصابة بالفيروس.

③ **الخلايا التائية المثبطة «الكابحة» (T_S) Suppressor T-cells :**

وظيفتها :

(١) تنظم درجة الاستجابة المناعية للحد المطلوب.

(٢) تثبط أو تكبح عمل الخلايا البائية (B) والتائية (T) بعد القضاء على الكائن الممرض.

③ الخلايا القاتلة الطبيعية Natural killer cells (NK)

* **نسبتها :** تشكل حوالى ٥ : ١٠ ٪ من الخلايا الليمفاوية بالدم.
* **مكان تكوينها ونضجها :** يتم إنتاجها ونضجها فى نخاع العظام الأحمر.
* **وظيفتها :** مهاجمة خلايا الجسم المصابة بالفيروس والخلايا السرطانية والقضاء عليها بواسطة الإنزيمات التى تفرزها.





ثالثًا خلايا الدم البيضاء الأخرى White Blood Cells

* تنقسم إلى أربعة أنواع أساسية كالتالى :

نوع الخلايا	الشكل	الوظيفة
١ الخلايا القاعدية Basophils		* مكافحة العدوى خاصةً العدوى البكتيرية والالتهابات وذلك لأنها : ١ تحتوى على حبيبات تقوم بتفتيت خلايا الكائنات المرضة المهاجمة للجسم لذا تسمى بالخلايا المحببة. ٢ تقوم ببلعمة (ابتلاع وهضم) الكائنات المرضة.
٢ الخلايا الحامضية Eosinophils		
٣ الخلايا المتعادلة Neutrophils		
٤ الخلايا وحيدة النواة Monocytes «خلايا غير محببة»	 	١ تدمير الأجسام الغريبة. ٢ تتحول إلى خلايا بلعمية عند الحاجة، والتى تلتهم بدورها الكائنات الغريبة عن الجسم.

ملحوظة

* خلايا الدم البيضاء القاعدية والحامضية والمتعادلة :
  - يمكن التمييز بينها عن طريق حجمها وشكل النواة ولون الحبيبات الظاهرة بداخلها تحت المجهر.
  - تبقى بالدورة الدموية لفترة قصيرة نسبيًا تتراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام.

رابعًا الخلايا البلعمية الكبيرة Macrophages

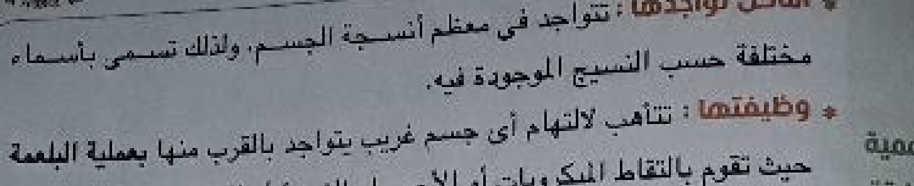
* أنواعها :

تشمل الخلايا البلعمية الكبيرة نوعين أساسيين، هما :

خلية بلعمية كبيرة

١ الخلايا البلعمية الكبيرة الثابتة

* **أماكن تواجدها :** تتواجد في معظم أنسجة الجسم، ولذلك تسمى بأسماء مختلفة حسب النسيج الموجودة فيه.



* **وظيفتها :** تتأهب لالتهام أى جسم غريب يتواجد بالقرب منها حيث تقوم بالتقاط الميكروبات أو الأجسام الغريبة أو الخلايا الجسدية الهرمة **بعملية البلعمة** (المسنة) ككريات الدم الحمراء المسنة وتفتتها إلى مكوناتها الأولية ليتخلص منها الجسم.

٢ الخلايا البلعمية الكبيرة الدوارة (الجوالة)

* **وظيفتها : تقوم بـ :**
  1. التهام الأجسام الغريبة (عملية البلعمة).
  2. حمل المعلومات التى تم جمعها عن الميكروبات والأجسام الغريبة لتقدمها للخلايا المناعية المتخصصة الموجودة فى العقد الليمفاوية المنتشرة فى الجسم والتى تقوم بتجهيز الوسائل الدفاعية المناسبة مثل الأجسام المضادة وتخصيص نوع الخلايا القاتلة التى ستتعامل مع الميكروبات.

خامسًا المواد الكيميائية المساعدة Assistant chemicals

* **هى مواد تتعاون وتساعد الآليات المتخصصة للجهاز المناعى فى عملها.**
* **أنواعها : تتنوع المواد الكيميائية المساعدة، ومنها ما يلى :**

١ الكيموكينات Chemokines

* **وظيفتها :** تمثل عوامل جذب للخلايا المناعية البلعمية المتحركة مع الدم بأعداد كبيرة نحو موقع تواجد الميكروبات أو الأجسام الغريبة وذلك للحد من تكاثر وانتشار الميكروب المسبب للمرض.

٢ الإنترليوكينات Interleukins

* **وظيفتها :**
  1. تعمل كأداة اتصال أو ربط بين خلايا الجهاز المناعى المختلفة.
  2. تعمل كأداة اتصال أو ربط بين الجهاز المناعى وخلايا الجسم الأخرى.
  3. مساعدة الجهاز المناعى فى أداء وظيفته الدفاعية.

٣ سلسلة المتممات (المكملات) Complements

* **هى مجموعة متنوعة من البروتينات والإنزيمات.**
* **وظيفتها :** تدمير الميكروبات الموجودة بالدم بعد ارتباط هذه المتممات بالأجسام المضادة عن طريق تحليل الأنتيجينات الموجودة على سطح الميكروبات وإذابة محتوياتها لجعلها فى متناول خلايا الدم البيضاء لكى تلتهمها وتقضى عليها.

٤ الإنترفيرونات Interferons

هى عبارة عن عدة أنواع من البروتينات تنتج بواسطة خلايا الأنسجة المصابة بالفيروسات، وهى غير متخصصة بفيروس معين.

* **وظيفتها :** منع الفيروس من التكاثر والانتشار فى الجسم حيث إنها ترتبط بالخلايا الحية المجاورة للخلايا المصابة (التى لم تصب بالفيروس) وتحثها على إنتاج نوع من الإنزيمات يعمل على تثبيط عمل إنزيمات نسخ الحمض النووى للفيروس.

سادسًا/ الأجسام المضادة Antibodies

الأجسام المضادة

مواد بروتينية تسمى بـ «الجلوبيولينات المناعية (Ig) Immunoglobulins» وتظهر على شكل حرف (Y).

* **أماكن تواجدها :** توجد بالدم والليمف فى الحيوانات الفقارية والإنسان.
* **مصدرها :** يتم إنتاج الأجسام المضادة بواسطة الخلايا البائية البلازمية.
* **وظيفتها :** تقوم الأجسام المضادة وجزيئات المتممات بالالتصاق بالأجسام الغريبة (كالبكتيريا) لتجعلها فى متناول خلايا الدم البيضاء لكى تلتهمها وتقضى عليها.

تذكران

* الليمف هو سائل يترشح من بلازما الدم أثناء مروره فى الأوعية الدموية.
* يحتوى الليمف على جميع مكونات البلازما بالإضافة إلى عدد كبير من خلايا الدم البيضاء.

* **كيفية تكوينها :**

١ يوجد على سطح الأجسام الغريبة (كالبكتيريا) التى تغزو أنسجة الجسم مركبات تسمى «مولدات الضد أو المستضدات أو الأنتيچينات Antigens».

٢ تقوم الخلايا المناعية البائية (B) بالتعرف على هذه الأجسام والمكونات الغريبة عن الجسم عن طريق ارتباط المستقبلات الموجودة على سطح الخلايا البائية (B) بالأنتيچينات الموجودة على سطح الميكروبات.

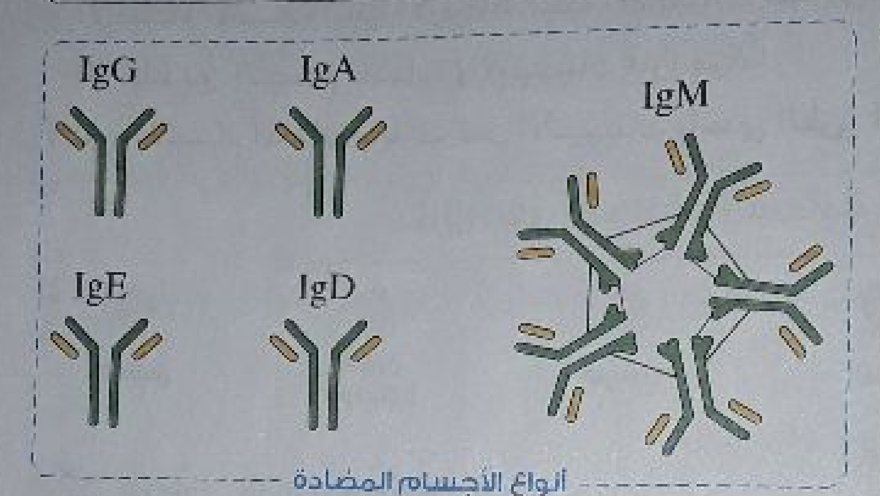
٣ تتحول الخلايا البائية (B) إلى خلايا بائية متخصصة تسمى الخلايا البائية البلازمية التى بدورها تقوم بإنتاج الأجسام المضادة التى تدور مع مجرى الدم والليمف وهى مصممة لتضاد الأجسام الغريبة عن الجسم.



عندما تصادف الخلايا الليمفاوية البائية (B) الأنتيچينات لأول مرة تقوم بالانقسام المتكرر لتكوين مجموعات من الخلايا البائية البلازمية تتخصص كل مجموعة منها لإنتاج نوع واحد من الأجسام المضادة تتخصص لتضاد نوع واحد من الأنتيچينات التى توجد على سطح الكائنات الحية الدقيقة والجزيئات الأخرى الغريبة عن الجسم، **مما يعنى** أن الأجسام المضادة متخصصة فلكل جسم مضاد أنتيچين معين يرتبط به.

* **أنواعها :** خمسة أنواع هى :

1. IgM
2. IgA
3. IgG
4. IgE
5. IgD



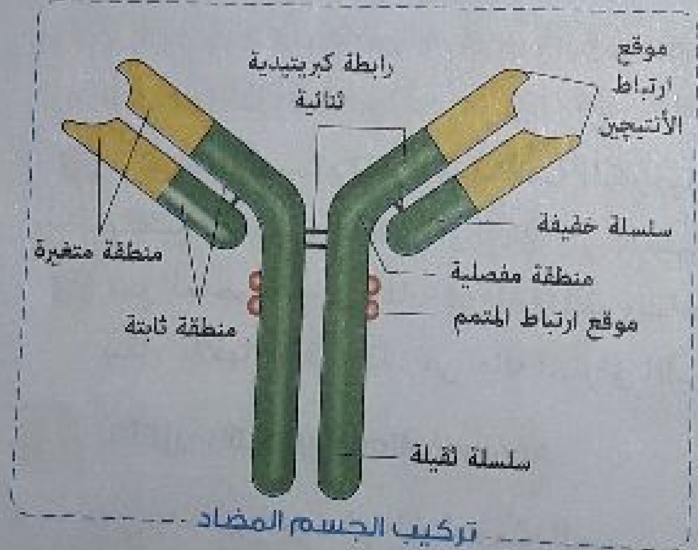
أنواع الأجسام المضادة

تركيب الجسم المضاد

* **يتركب الجسم المضاد من زوجين من السلاسل البروتينية :**

- سلسلتان طويلتان، تسميان **بالسلاسل الثقيلة.**
- سلسلتان قصيرتان، تسميان **بالسلاسل الخفيفة.**

وترتبط السلاسل مع بعضها عن طريق **روابط كبريتيدية ثنائية.**



تركيب الجسم المضاد

* **تتكون السلاسل البروتينية من منطقتين :**

1. **منطقة متغيرة** (الجزء المتغير) **تمثل موقع ارتباط الجسم المضاد بالأنتيچين :**

- لكل جسم مضاد موقعان متماثلان للارتباط بالأنتيچين.
- يختلف شكل هذه المواقع من جسم مضاد لآخر نظرًا لاختلاف تشكيل الأحماض الأمينية (تتابعها وأنواعها وشكلها الفراغى) المكونة للسلسلة الببتيدية فى هذا الجزء التركيبى والتى تحدد تخصص كل جسم مضاد لنوع واحد من الأنتيچينات.

- تساعد هذه المواقع على حدوث الارتباط المحدد بين الأنتيجين والجسم المضاد الملائم له بطريقة تشبه القفل والمفتاح وذلك لتطابق الجزء المتغير للجسم المضاد مع الأنتيجين كصورة مرآة ويؤدى هذا الارتباط إلى تكوين مركب معقد من الأنتيجين والجسم المضاد.

٢ منطقة ثابتة (الجزء الثابت) وهو ثابت فى الشكل والتركيب فى جميع أنواع الأجسام المضادة.

طرق عمل الأجسام المضادة

* الأجسام المضادة **ثنائية الارتباط**، بينما الأنتيجينات فلها مواقع ارتباط متعددة مما يجعل الارتباط بين الأجسام المضادة والأنتيجينات أمرًا مؤكدًا.
* تقوم الأجسام المضادة بإيقاف عمل الأنتيجينات **بإحدى الطرق التالية** :



١ التعادل Neutralization

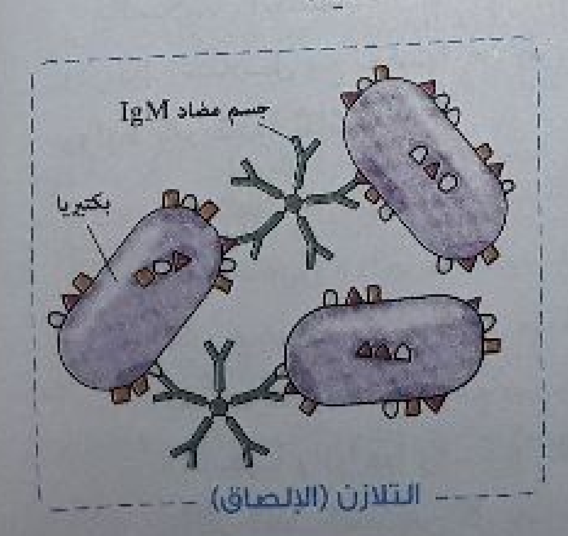
* **من أهم وظائف الأجسام المضادة فى مقاومة الفيروسات هى تحييد الفيروسات وإيقاف نشاطها، عن طريق :**

١ ارتباط الأجسام المضادة بالأغلفة الخارجية للفيروسات وذلك تمنعها من الالتصاق بأغشية الخلايا والانتشار أو النفاذ إلى داخلها.

٢ منع الحمض النووى (المادة الوراثية) للفيروسات من الخروج من الخلايا المصابة والتناسخ ببقاء غلافها مغلقًا، وذلك فى حالة اختراق الفيروسات لغشاء الخلية.

٢ التلازن (الإلصاق) Agglutination

* تحتوى بعض الأجسام المضادة مثل الجسم المضاد IgM على العديد من مواقع الارتباط مع الأنتيجينات يؤدى ذلك إلى ارتباط الجسم المضاد الواحد بأكثر من ميكروب، **وبالتالى تتجمع الميكروبات على نفس الجسم المضاد مما يجعلها أكثر ضعفًا وعرضة للالتهام بالخلايا البلعمية.**



التلازن (الإلصاق)

٣ الترسيب Precipitation

- يحدث عادةً فى الأنتيچينات الذاتية حيث يؤدى ارتباط الأجسام المضادة مع هذه الأنتيچينات إلى تكوين مركبات غير ذائبة على شكل راسب من الأنتيچين والجسم المضاد، وبالتالى يسهل على الخلايا البلعمية التهام هذا الراسب (تحفيز عملية البلعمة).



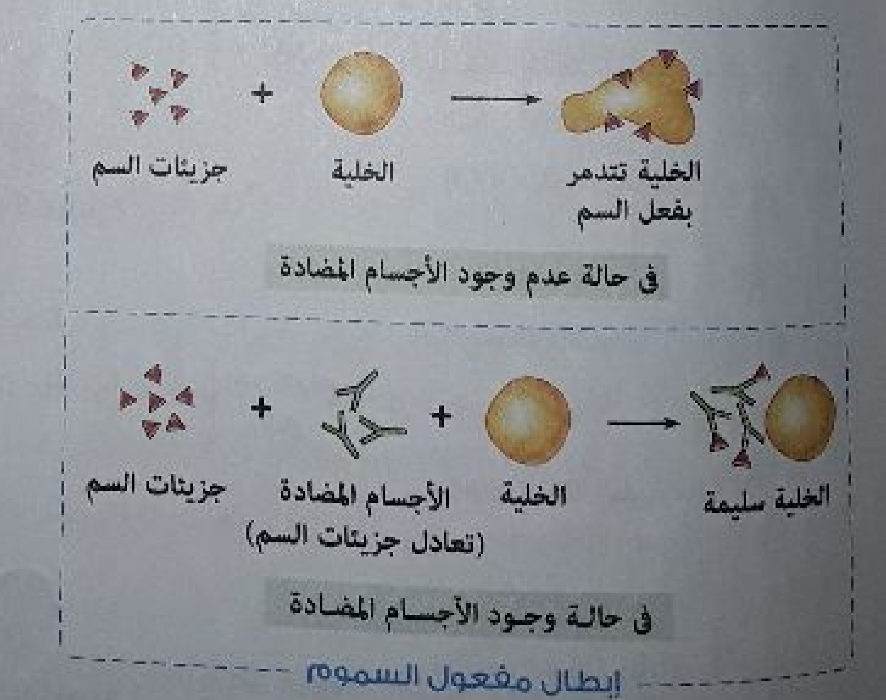
الترسيب

٤ التحلل Lysis

- يعمل اتحاد الأجسام المضادة مع الأنتيچينات على تنشيط بروتينات وإنزيمات خاصة تسمى «المتممات **Complements**».
- تقوم المتممات بتحليل أغلفة الأنتيچينات وإذابة محتوياتها فيسهل التخلص منها بواسطة الخلايا البلعمية.

٥ إبطال مفعول السموم Antitoxin

- تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالسموم مكونة مركبات من الأجسام المضادة والسموم.
- تقوم المركبات (المتكونة من ارتباط الأجسام المضادة بالسموم) بتنشيط المتممات فتتفاعل مع السموم تفاعلًا متسلسلًا يؤدى إلى إبطال مفعولها كما يساعد على التهامها من قبل الخلايا البلعمية.



إبطال مفعول السموم





الفصل 4 | الدرس الثالث

آلية عمل الجهاز المناعى فى الإنسان

* **يعمل الجهاز المناعى وفق نظامين مناعيين، هما :**

1. المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية).
2. المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية).

* **بالرغم من اختلاف هذين النظامين عن بعضهما، إلا أنهما** يعملان بتعاون وتنسيق معًا إذ أن المناعة الفطرية أساسية لأداء عمل المناعة المكتسبة بنجاح والعكس صحيح، فكل نظام مناعى يعمل وفق آليات مختلفة تقوم بتنشيط رد الفعل المناعى للنظام المناعى الآخر مما يسمح للجسم بالتعامل مع الكائنات الممرضة (مسببات المرض) بنجاح.

آلية عمل الجهاز المناعى فى الإنسان

- **أولًا: المناعة الطبيعية**
  - **خط الدفاع الأول**
    - الجلد والعرق
    - الصملاخ (شمع الأذن)
    - الدموع
    - المخاط والأهداب بالممرات التنفسية
    - اللعاب
    - إفرازات المعدة الحامضية (حمض HCl)
  - **خط الدفاع الثانى**
    - الاستجابة بالالتهاب
    - الإنترفيرونات
    - الخلايا القاتلة الطبيعية (NK)
- **ثانيًا: المناعة المكتسبة**
  - **خط الدفاع الثالث**
    - المناعة الخلطية (المناعة بالأجسام المضادة)
    - المناعة الخلوية (المناعة بالخلايا الوسيطة)



أولاً المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية) Natural (non-specific or innate) immunity

المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)

مجموعة الوسائل الدفاعية التى تحمى الجسم، وتتميز باستجابة سريعة وفعالة لمقاومة ومحاربة وتفتيت أى ميكروب أو أى جسم غريب يحاول دخول الجسم، وهى غير متخصصة ضد نوع معين من الميكروبات أو الأنتيچينات.

* تمر المناعة الطبيعية بخطى دفاع متتاليين كالتالى :

أ خط الدفاع الأول

خط الدفاع الأول

مجموعة من الحواجز الطبيعية بالجسم (مثل : الجلد - المخاط - الدموع - العرق - حمض الهيدروكلوريك بالمعدة)، ووظيفتها الأساسية هى منع الكائنات المرضة من دخول الجسم.

* وسائل خط الدفاع الأول :

١ الجلد	* يتميز بطبقة قرنية صلبة على سطحه تشكل عائقًا منيعًا لا يسهل اختراقه أو النفاذ منه. * يحتوى على مجموعة من الغدد العرقية تفرز العرق على سطحه والذى يعتبر سائل مميت لمعظم الميكروبات بسبب ملوحته.
٢ الصملاخ (شمع الأذن)	* مادة تفرزها الأذن تعمل على قتل الميكروبات التى تدخل الأذن مما يعمل على حمايتها.
٣ الدموع	* سائل يحمى العين من الميكروبات نظرًا لاحتواء الدموع على مواد محللة للميكروبات.
٤ المخاط بالممرات التنفسية	* سائل لزج يبطن جدر الممرات التنفسية وتلتصق به الميكروبات والأجسام الغريبة الداخلة مع الهواء، ثم تقوم **الأهداب** الموجودة ببطانة الممرات التنفسية بطرد هذا المخاط وما يحمله من ميكروبات وأجسام غريبة إلى خارج الجسم.
٥ اللعاب	* سائل يحتوى على بعض المواد القاتلة للميكروبات بالإضافة إلى بعض الإنزيمات المذيبة لها.
٦ إفرازات المعدة الحامضية	* تقوم خلايا بطانة المعدة بإنتاج وإفراز **حمض الهيدروكلوريك (HCl)** القوى الذى يسبب موت الميكروبات الداخلة مع الطعام.

ب خط الدفاع الثانى

* يعمـل خـط الدفاع الثانى إذا مـا نجحت الكائنات المرضة فى تخطى وسـائل خط الدفاع الأول وقامت بغزو أنسجة الجسم من خلال جرح قطعى بالجلد مثلًا.

خط الدفاع الثانى
نظـام دفاعى داخلى يسـتخدم فيه الجسـم طـرق وعمليات غير متخصصـة متلاحقة تحيط بالميكروبات لمنع انتشارها، وتبدأ هذه العمليات بحدوث التهاب شديد.

الاستجابة بالالتهاب Inflammatory response
تفاعـل دفاعـى غير تخصصى (غير نوعى) حول مكان الإصابة نتيجة لتلف الأنسـجة الذى تسببه الإصابة أو العدوى.

* **خطوات عمل خط الدفاع الثانى :**

١ عنـد غـزو الميكروبـات أو الأجسـام الغريبـة لأنسـجة الجسـم يحـدث الالتهـاب الذى يـؤدى إلـى حـدوث بعـض التغيـرات فـى موقع الإصابـة حيث تقـوم خلايـا متخصصة (مثـل : الخلايـا الصارية Mast cells – خلايا الدم البيضاء القاعدية) بإفراز كميات من مواد كيميائية مولدة للالتهاب، من أهمها «**مادة الهيستامين Histamine**».

٢ **تعمل المواد المولدة للالتهاب (مادة الهيستامين) على :**

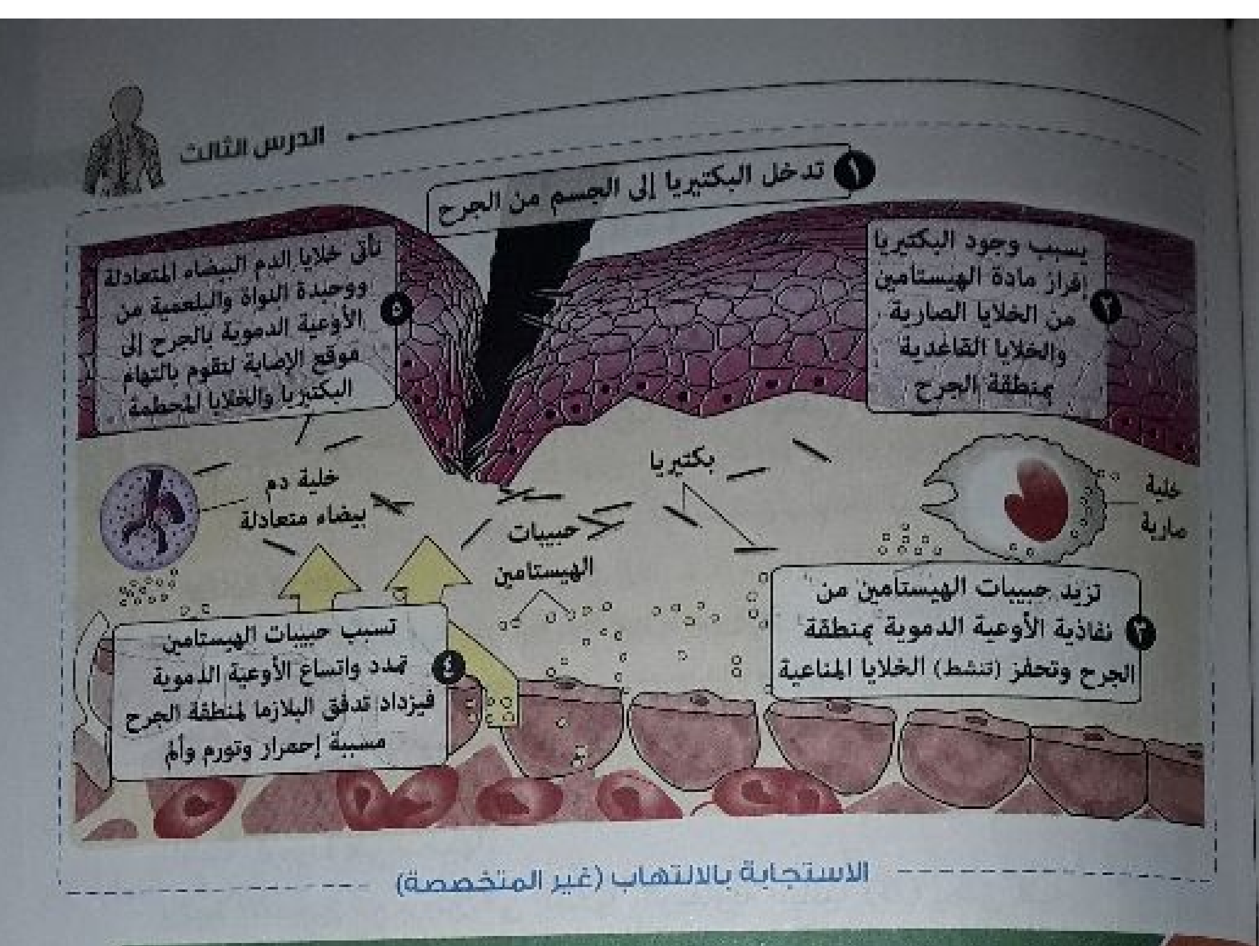
– تمدد الأوعية الدموية عند موقع الإصابة إلى أقصى مدى.
– زيادة نفاذية الأوعية الدموية الصغيرة والشعيرات الدموية للسوائل من الدورة الدموية،

وذلك يؤدى إلى :

- تورم الأنسجة فى مكان الالتهاب.
- السماح بنفاذ المواد الكيميائية المذيبة والقاتلة للبكتيريا بالتوجه إلى موقع الإصابة.
- إتاحـة الفرصـة لخلايا الدم البيضاء المتعادلة ووحيدة النـواة وكذلك الخلايا البلعمية الكبيرة لمحاربة وقتل الأجسام الغريبة والميكروبات.

ملحوظة

* هناك مكونان آخران لخط الدفاع الثانى يتواجدان فى معظم الأنسجة، هما :
– الإنترفيرونات.
– الخلايا القاتلة الطبيعية (NK).



الاستجابة بالالتهاب (غير المتخصصة)

ثانيًا المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية) acquired (Specific or adaptive) immunity

* تنشط المناعة المكتسبة فى الجسم (خط الدفاع الثالث) إذا ما أخفق خط الدفاع الثانى فى التخلص من الجسم الغريب.
* يتمثل خط الدفاع الثالث فى الخلايا الليمفاوية التى تستجيب بسلسلة من الوسائل الدفاعية التخصصية (النوعية) لمقاومة الكائن المسبب للمرض، وتسمى هذه الوسائل الدفاعية مجتمعة بـ «الاستجابة المناعية **The immune response**».

> **الاستجابة المناعية**
> سلسلة الوسائل الدفاعية التخصصية (النوعية) التى تقوم بها الخلايا الليمفاوية لمقاومة الكائن المسبب للمرض.

آليات المناعة المكتسبة

* **تتم المناعة المكتسبة من خلال آليتين منفصلتين شكليًا، لكنهما متداخلتان مع بعضهما البعض، وهما :**

أ المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة.

ب المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة.

وفيما يلى سنتعرض لكل منهما بشىء من التفصيل :

أ المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة Humoral or antibody - mediated immunity

المناعة الخلطية



الاستجابة المناعية التي تقوم خلالها الخلايا الليمفاوية البائية (B) بالدفاع عن الجسم ضد أنتيچينات الكائنات المرضة (كالبكتيريا والفيروسات) والسموم الموجودة فى سوائل الجسم (بلازما الدم والليمف) بواسطة الأجسام المضادة.

* **خطوات المناعة الخلطية :**

١ ارتباط الخلايا الليمفاوية البائية (B) بالأنتيچين :

- عند دخول كائن ممرض حاملاً على سطحه أنتيچين (مستضد) معين إلى الجسم تتعرف عليه الخلية الليمفاوية البائية (B) المختصة به ثم تلتصق به بواسطة المستقبلات المناعية الموجودة على سطحها.

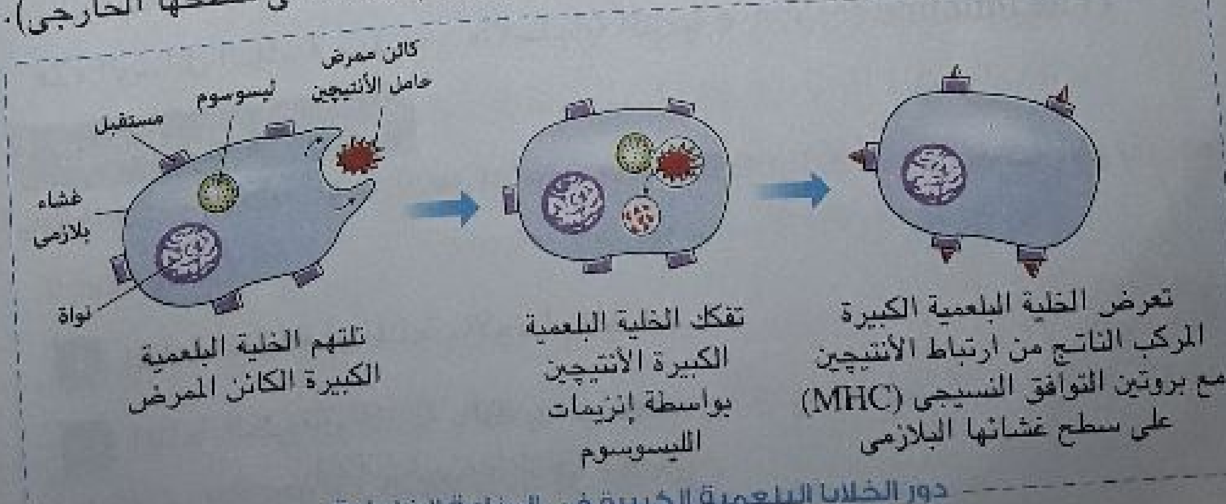
ملحوظة

الخلايا الليمفاوية البائية (B) عالية التخصص لأن كل منها يستجيب لأنتيچين معين واحد فقط.

- يرتبط الأنتيچين مع بروتين فى الخلايا الليمفاوية البائية (B) يطلق عليه «**بروتين التوافق النسيجى (MHC) Major Histocompatibility Complex**».
- ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيچين مع بروتين التوافق النسيجى إلى سطح الخلايا الليمفاوية البائية (B).

٢ دور الخلايا البلعمية الكبيرة :

- فى نفس الوقت تقوم الخلايا البلعمية الكبيرة بابتلاع الأنتيچين وتفكيكه إلى أجزاء صغيرة بواسطة إنزيمات الليسوسوم.
- ترتبط هذه الأجزاء الصغيرة داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجى (MHC).
- ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيچين مع بروتين التوافق النسيجى (MHC) إلى سطح الغشاء البلازمى للخلايا البلعمية الكبيرة (أى يتم عرضه على سطحها الخارجى).



دور الخلايا البلعمية الكبيرة فى المناعة الخلطية



٣ تنشيط الخلايا التائية المساعدة (T_H) :

- تتعرف الخلايا التائية المساعدة (T_H) على الأنتيچين من خلال بروتين التوافق النسيجى (MHC) المرتبط معه على سطح الخلية البلعمية الكبيرة.
- ترتبط الخلايا التائية المساعدة (T_H) عن طريق مستقبلها CD4 الموجود على سطحها بالمركب الناتج من ارتباط الأنتيچين وبروتين التوافق النسيجى (MHC) لتتحول إلى خلايا تائية مساعدة نشطة.
- تطلق الخلايا التائية المساعدة النشطة مواد بروتينية تسمى **الإنترليوكينات** تقوم بتنشيط الخلايا البائية (B) التى تحمل على سطحها الأنتيچينات المرتبطة مع بروتين التوافق النسيجى (MHC).

ملحوظة

لا تستطيع الخلايا التائية المساعدة (T_H) التعرف على الأنتيچين إلا بعد معالجته بواسطة الخلايا البلعمية الكبيرة وعرضه على غشائها البلازمى مرتبطاً مع جزيئات بروتين التوافق النسيجى (MHC).

٤ إنتاج الأجسام المضادة :

تبدأ الخلايا البائية (B) المُنشَّطة عملها بالانقسام والتضاعف، **لتتمايز فى النهاية إلى نوعين من الخلايا :**

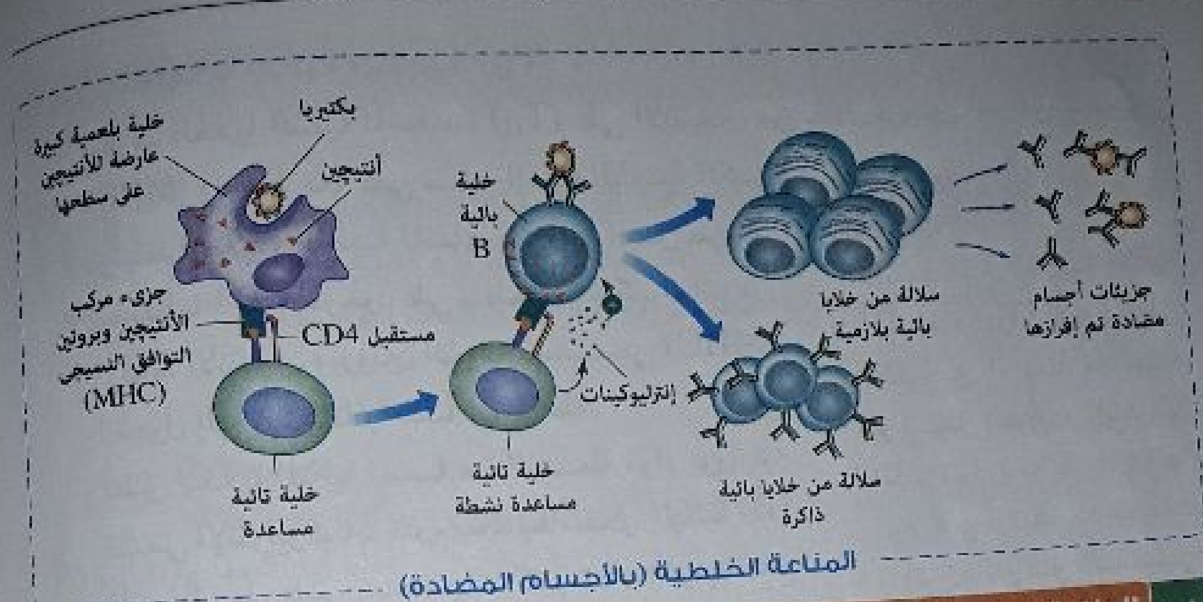
- **الخلايا البائية البلازمية Plasma B cells** التى تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة التى تدور عبر الأوعية الليمفاوية ومجرى الدم لمحاربة العدوى.
- **خلايا ليمفاوية بائية ذاكرة Memory B cells** تبقى فى الدم لمدة طويلة (من ٢٠ : ٣٠ سنة) لتتعرف على نفس الأنتيچين إذا دخل الجسم مرة ثانية، حيث **تنقسم** وتتمايز إلى خلايا بلازمية تفرز أجسام مضادة له وبالتالى تكون الاستجابة سريعة.

٥ تدمير الكائنات الممرضة (الميكروبات) :

تصل الأجسام المضادة التى أنتجتها الخلايا البلازمية إلى الدورة الدموية عن طريق الليمف لترتبط بالأنتيچينات الموجودة على سطح الكائنات الممرضة مما يثير الخلايا البلعمية الكبيرة فتقوم بالتهام هذه الأنتيچينات من جديد وتستمر هذه العملية لعدة أيام أو أسابيع.

ملحوظة

الأجسام المضادة التى تُكوِّنها الخلايا البلازمية غير فعالة فى تدمير بعض الخلايا الغريبة مثل الخلايا المصابة بالفيروس وذلك لأن الأجسام المضادة غير قادرة على المرور عبر أغشية الخلايا بسبب جزيئاتها الكبيرة نسبياً، وبالتالى لا تستطيع الوصول إلى الفيروس الذى يتكاثر داخل الخلية، وفى هذه الحالة تتم مقاومة هذه الخلايا الغريبة بواسطة الخلايا الليمفاوية التائية (T).



المناعة الخلطية (بالأجسام المضادة)

ب المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة Cellular or Cell - mediated immunity

المناعة الخلوية

الاستجابة المناعية التى تقوم بها الخلايا الليمفاوية التائية (T) بواسطة المستقبلات الموجودة على أغشيتها التى تكسبها الاستجابة النوعية للأنتيجينات.



*** خطوات المناعة الخلوية :**

١ دور الخلايا البلعمية الكبيرة :

- عند دخول الكائن المرض (البكتيريا أو الفيروسات) إلى الجسم فإن الخلايا البلعمية الكبيرة تقوم بابتلاعه ثم تفكيكه (تفكيك أنتيجين الكائن المرض) إلى أجزاء صغيرة.
- ترتبط هذه الأجزاء الصغيرة داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجي (MHC).
- ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجي (MHC) إلى سطح الغشاء البلازمي للخلايا البلعمية الكبيرة (أي يتم عرضه على سطحها الخارجي).

الاستجابة النوعية للأنتيجينات

إنتاج كل خلية تائية (T) أثناء عملية النضج نوعًا من **المستقبلات Receptors** الخاصة بغشائها، وبذلك يمكن لكل نوع من المستقبلات الارتباط بنوع واحد من الأنتيجينات.

٢ تنشيط الخلايا التائية المساعدة (T_H) :

- ترتبط الخلايا التائية المساعدة (T_H) عن طريق مستقبلها CD4 الموجود على سطحها بالمركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجي (MHC) لتتحول إلى خلايا تائية مساعدة مُنشَّطة.

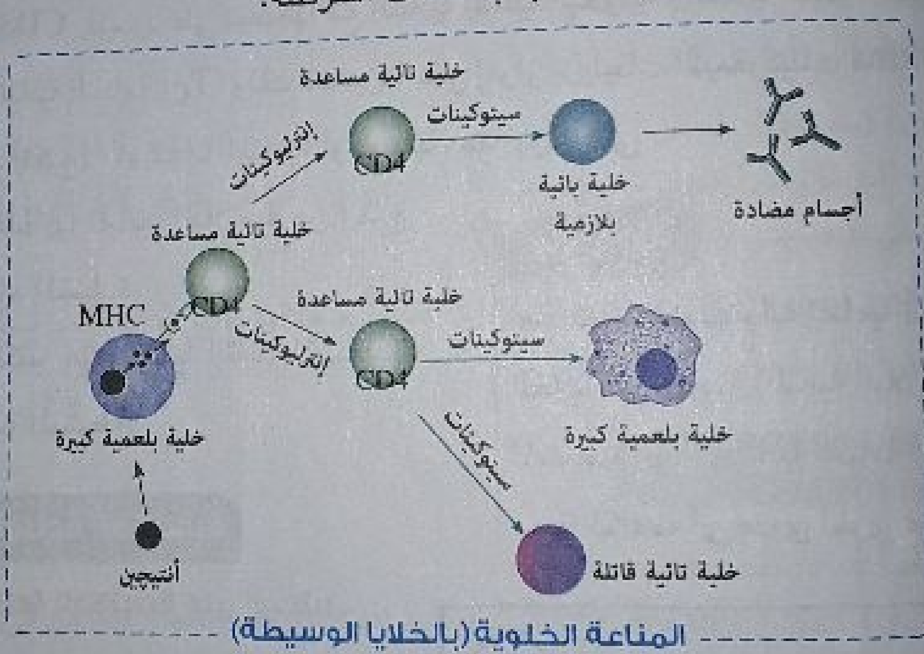
- تقوم الخلايا التائية المساعدة (T_H) المُنشَّطة بـ :

(١) إطلاق بروتينات **الإنترليوكينات** التى تقوم بتنشيط (تحفيز) الخلايا التائية المساعدة التى ارتبطت بها كى تنقسم لتكون سلالة من :

- الخلايا التائية المساعدة (T_H) المُنشَّطة.
- خلايا (T_H) ذاكرة تبقى فى الدم لمدة طويلة لتتعرف على نفس نوع الأنتيجين إذا دخل مرة ثانية للجسم.

(٢) إفراز عدة أنواع من بروتينات **السيتوكينات** التى تعمل على :

- جذب الخلايا البلعمية الكبيرة إلى مكان الإصابة بأعداد غفيرة.
- تنشيط الخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا الليمفاوية البائية (B) والأنواع الأخرى من الخلايا الليمفاوية التائية السامة «القاتلة» (T_C) وبالتالى تنشيط آليتى المناعة (المناعة الخلوية والمناعة الخلطية).
- تنشيط الخلايا القاتلة الطبيعية (NK) لمهاجمة خلايا الجسم غير الطبيعية كالخلايا السرطانية أو الخلايا المصابة بالكائنات الممرضة.

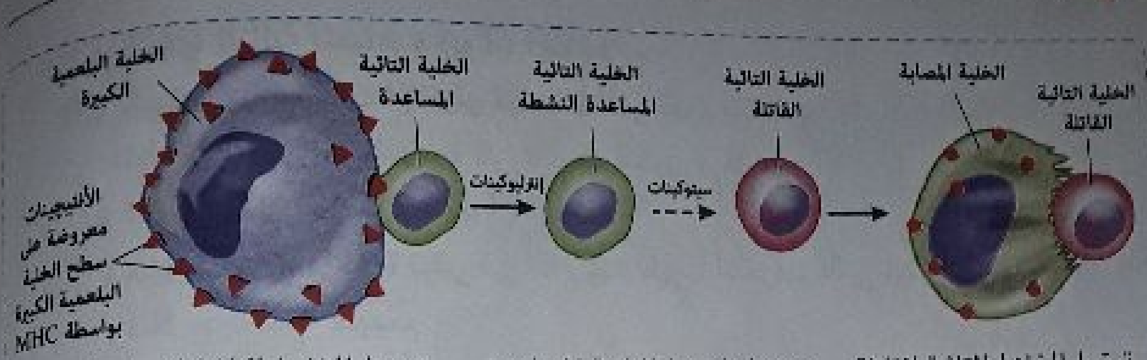


المناعة الخلوية (بالخلايا الوسيطة)

٣ دور الخلايا التائية السامة «القاتلة» (T_C) :

تتعرف الخلايا التائية السامة (T_C) بواسطة المستقبل CD8 الموجود على سطحها على الأجسام الغريبة كالأنسجة المزروعة فى الجسم أو أنتيجينات الميكروبات التى تدخل الجسم أو الخلايا السرطانية وترتبط بها ثم تقضى عليها **عن طريق إفراز** :

- **بروتين البيرفورين Perforin (البروتين صانع الثقوب)** الذى يعمل على تثقيب غشاء الجسم الغريب.
- **سموم ليمفاوية** تنشط چينات معينة فى نواة الخلايا المصابة مما يؤدى إلى تفتيت نواة الخلية وموتها.



دور الخلايا التائية القاتلة فى المناعة الخلوية

*** تثبيط الاستجابة المناعية :**

بعد أن يتم القضاء على الأنتيجينات الغريبة ترتبط الخلايا التائية المثبطة (T_S) بواسطة المستقبل CD8 الموجود على سطحها مع الخلايا البائية البلازمية والخلايا التائية المساعدة (T_H) والخلايا التائية السامة (T_C) وذلك لتحفيزها على إفراز بروتينات **الليمفوكينات Lymphokins** التى تثبط (تكبح) الاستجابة المناعية أو تعطلها، **مما يؤدى إلى :**

- توقف الخلايا البائية البلازمية عن إنتاج الأجسام المضادة.
- موت الكثير من الخلايا التائية المساعدة والسامة المُنشَّطة.

ملحوظة

بعد تثبيط الاستجابة المناعية تُختزن بعض الخلايا الليمفاوية (البائية البلازمية والتائية المساعدة (T_H) والتائية السامة (T_C)) لتكون مهيأة لمكافحة أى عدوى أخرى عند الحاجة.

مراحل المناعة المكتسبة

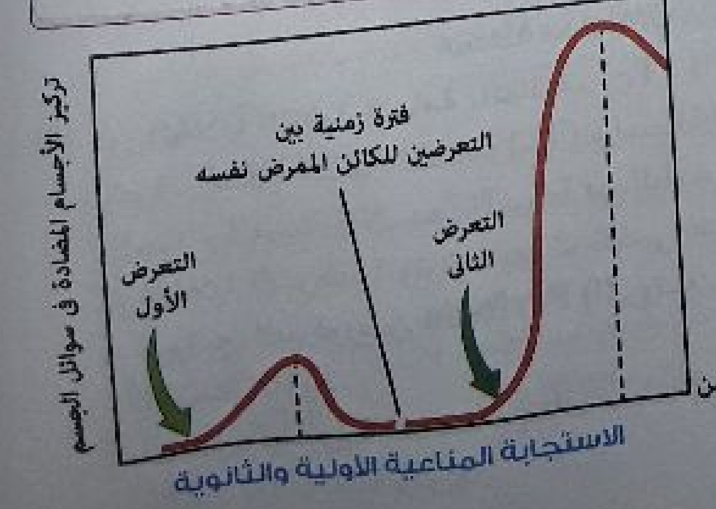
*** تحدث المناعة المكتسبة على مرحلتين، هما :**

(١) المرحلة الأولى :

الاستجابة المناعية الأولية.

(٢) المرحلة الثانية :

الاستجابة المناعية الثانوية.



الاستجابة المناعية الأولية والثانوية



الاستجابة المناعية الأولية (المناعة الأولية) Primary immune response	الاستجابة المناعية الثانوية (المناعة الثانوية) Secondary immune response
* هى استجابة الجهاز المناعى لكائن ممرض جديد.	* هى استجابة الجهاز المناعى لنفس الكائن الممرض الذى سبق الإصابة به.
* الخلايا الليمفاوية البائية والتائية هى المسئولة عن الاستجابة المناعية الأولية حيث تستجيب لأنتيجينات الكائن الممرض وتهاجمها حتى تقضى عليها.	* خلايا الذاكرة هى المسئولة عن الاستجابة المناعية الثانوية لأنها تختزن معلومات عن الأنتيجينات التى حاربها الجهاز المناعى فى الماضى.
* الاستجابة المناعية الأولية استجابة بطيئة لأنها تستغرق وقتًا (ما بين ٥ : ١٠ أيام) للوصول إلى أقصى إنتاجية من الخلايا الليمفاوية البائية والتائية، والتى تكون فى حاجة إلى الوقت كى تتضاعف.	* الاستجابة المناعية الثانوية استجابة سريعة جدًا لأنه غالبًا ما يتم تدمير الكائن الممرض قبل أن تظهر أعراض المرض.
* يصاحب الاستجابة المناعية الأولية ظهور أعراض المرض لأن العدوى تصبح واسعة الانتشار فى الجسم.	* لا يصاحب الاستجابة المناعية الثانوية ظهور أعراض المرض لأنه يتم تدمير الكائن الممرض بسرعة.
* يتكون خلالها خلايا الذاكرة (البائية والتائية) وتبقى كامنة فى الدم.	* تنشط خلالها خلايا الذاكرة التى سبق تكوينها فى الاستجابة المناعية الأولية.

خلايا الذاكرة Memory Cells

خلايا الذاكرة

نوع من الخلايا تختزن معلومات عن الأنتيجينات التى حاربها الجهاز المناعى فى الماضى.

* **أنواعها :** يحتوى جسم الإنسان على نوعين من خلايا الذاكرة، هما :

١ خلايا الذاكرة البائية.

٢ خلايا الذاكرة التائية.

* **خصائصها :**

١ تتكون خلايا الذاكرة أثناء الاستجابة المناعية الأولية.

٢ تعيش خلايا الذاكرة عشرات السنين أو قد يمتد بها الأجل طول العمر، بينما لا تعيش الخلايا البائية والخلايا التائية إلا أيامًا معدودة.

③ أثناء المجابهة الثانية مع نفس الكائن المرض، تستجيب خلايا الذاكرة للكائن المرض فور دخوله إلى الجسم فتبدأ فى الانقسام سريعًا وينجم عن نشاطها السريع إنتاج العديد من الأجسام المضادة والعديد من الخلايا التائية النشطة خلال وقت قصير.

* **مثال :** لا يصاب الإنسان بالحصبة إلا مرة واحدة فى حياته لأنه اكتسب مناعة ضد الإصابة بهذا المرض.

* **مما سبق يمكن عقد المقارنتين التاليتين :**

① المناعة الطبيعية فى الإنسان	المناعة المكتسبة فى الإنسان
* مجموعة الوسائل الدفاعية التى تحمى الجسم وتتميز باستجابة سريعة وفعالة لمقاومة ومحاربة وتفتيت أى ميكروب أو جسم غريب يحاول دخول الجسم.	* سلسلة الوسائل الدفاعية التخصصية (النوعية) التى تقوم بها الخلايا الليمفاوية لمقاومة الكائن المسبب للمرض.
* غير متخصصة أو فطرية أو موروثة.	* متخصصة أو تكيفية.
* لا تُكون خلايا الذاكرة.	* تُكون خلايا الذاكرة خلال الاستجابة المناعية الأولية.
* **تمر بخطى دفاع متتاليين، هما :** ① خط الدفاع الأول (الجلد، الصملاخ، الدموع، المخاط والأهداب بالممرات التنفسية، اللعاب، إفرازات المعدة الحامضية). ② خط الدفاع الثانى (الاستجابة بالالتهاب، الإنترفيرونات، الخلايا القاتلة الطبيعية).	* **تمثل خط الدفاع الثالث والذى يتم من خلال آليتين، هما :** ① المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة. ② المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة.

② المناعة الخلطية (المناعة بالأجسام المضادة)	المناعة الخلوية (المناعة بالخلايا الوسيطة)

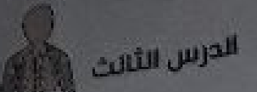
أوجه التشابه

كلاهما يمثلان مناعة مكتسبة (متخصصة أو تكيفية) أى أنهما يمثلان خط الدفاع الثالث الذى يلجأ إليه الجسم إذا أخفق خط الدفاع الثانى فى التخلص من الأجسام الغريبة

أوجه الاختلاف

① وصفها

المناعة الخلطية	المناعة الخلوية
* استجابة مناعية تقوم خلالها الخلايا الليمفاوية البائية (B) بالدفاع عن الجسم ضد أنتيجينات الكائنات الممرضة (كالبكتيريا والفيروسات) والسموم الموجودة فى سوائل الجسم وذلك بواسطة الأجسام المضادة.	* استجابة مناعية تقوم خلالها الخلايا الليمفاوية التائية (T) بالدفاع عن الجسم ضد أنتيجينات الكائنات الممرضة التى تعبر أغشية الخلايا وذلك بواسطة المستقبلات الموجودة على أسطح الخلايا التائية المختلفة.



٢ الخلايا التى تشترك فى القيام بها

* الخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا البائية والخلايا التائية المساعدة (T_H).

* الخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا التائية المساعدة (T_H) والخلايا التائية السامة (T_C) والخلايا البائية (B) والخلايا القاتلة الطبيعية (NK).

٣ أنواع المواد الكيميائية المتكونة

* الإنترليوكينات – الأجسام المضادة.

* الإنترليوكينات – السيتوكينات – الأجسام المضادة – البيرفورين – السموم الليمفاوية.

٤ كيفية القضاء على الكائن المرض

* **تنقسم الخلايا البائية (B) المُنشَّطة وتتضاعف لتمايز إلى نوعين من الخلايا، هما :**

(١) خلايا بائية بلازمية تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة التى تدور عبر الأوعية الليمفاوية ومجرى الدم لترتبط بالأنتيچينات الموجودة على سطح الكائنات المرضة مما يثير الخلايا البلعمية الكبيرة فتقوم بالتهام هذه الأنتيچينات.

(٢) خلايا ليمفاوية بائية ذاكرة تبقى فى الدم لمدة طويلة لتتعرف على نفس الأنتيچين إذا دخل الجسم مرة ثانية.

* **تقوم الخلايا التائية المساعدة المُنشَّطة بإفراز عدة أنواع من بروتينات السيتوكينات التى تعمل على :**

(١) جذب الخلايا البلعمية الكبيرة إلى مكان الإصابة بأعداد غفيرة.

(٢) تنشيط الأنواع الأخرى من الخلايا الليمفاوية التائية القاتلة أو السامة (T_C).

(٣) تنشيط الخلايا القاتلة الطبيعية (NK) لمهاجمة خلايا الجسم غير الطبيعية كالخلايا السرطانية أو الخلايا المصابة بالكائنات المرضة والقضاء عليها بواسطة الإنزيمات التى تفرزها.

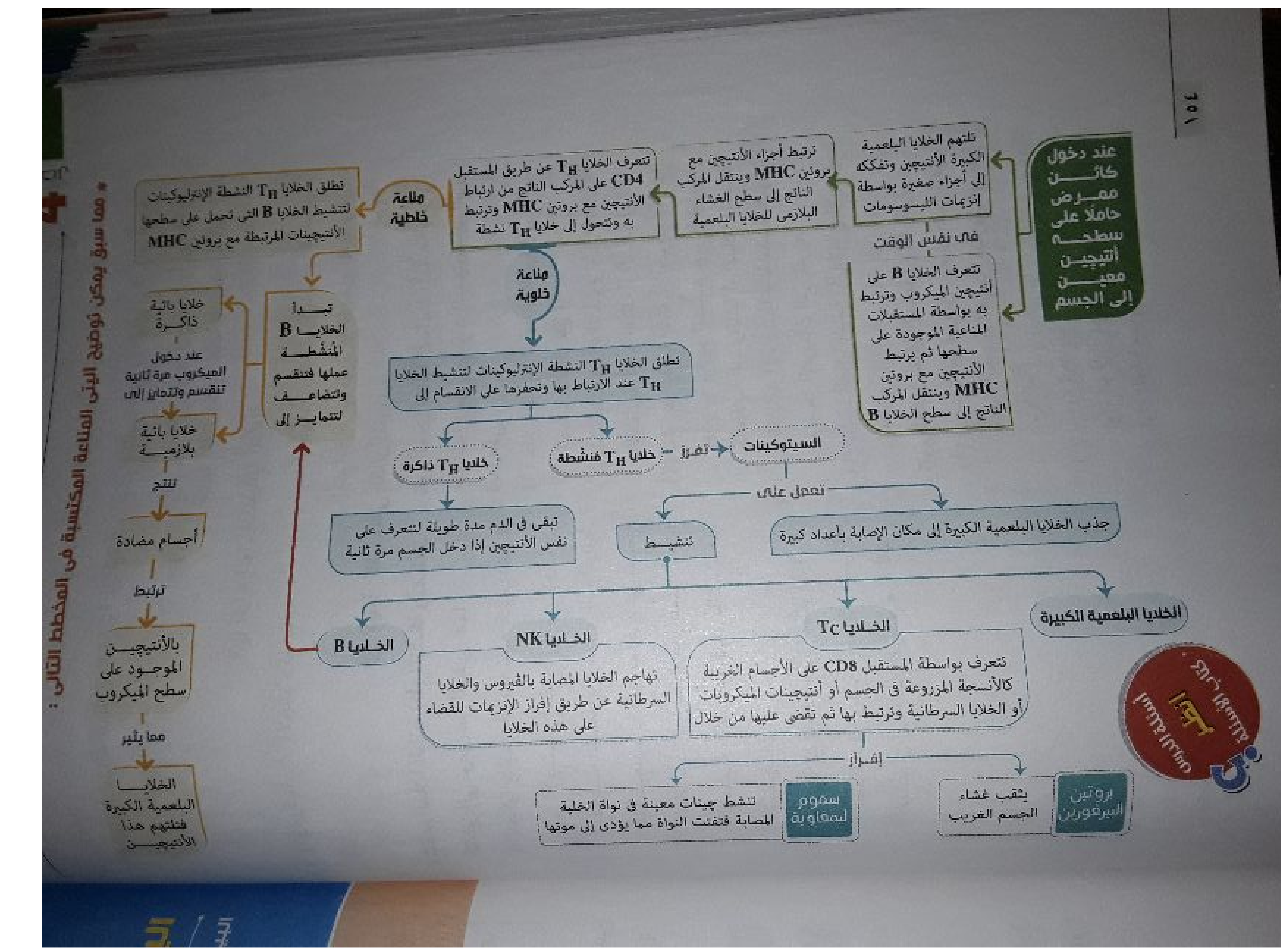
(٤) تنشيط الخلايا البائية (B) لإنتاج الأجسام المضادة.

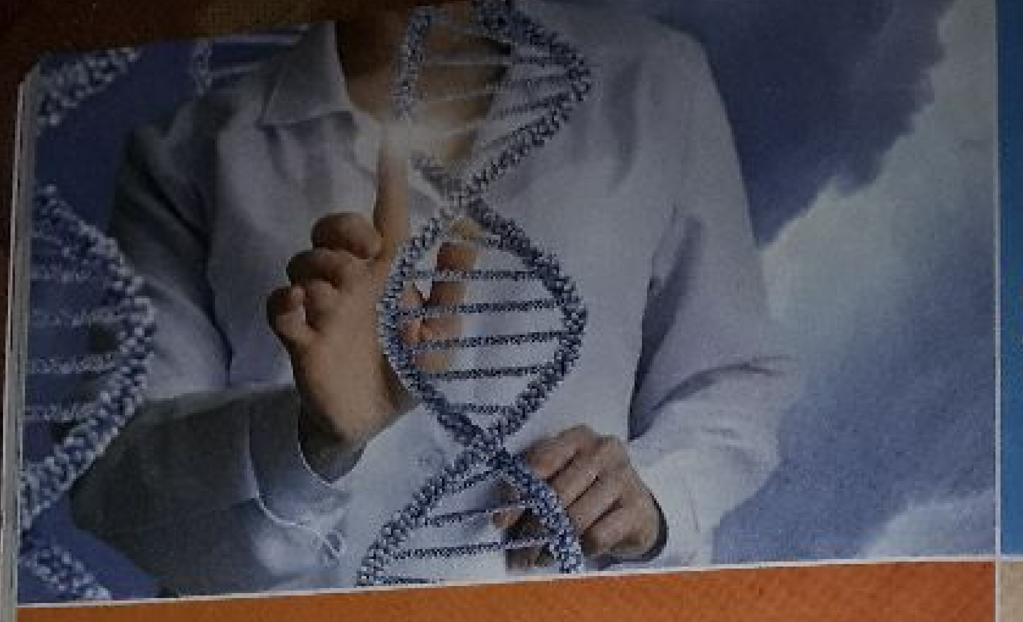
* **تقوم الخلايا التائية السامة (T_C) بإفراز :**

(١) بروتين البيرفورين : يعمل على تثقيب غشاء الجسم الغريب (ميكروب أو خلية سرطانية).

(٢) سموم ليمفاوية : تنشط چينات معينة فى نواة الخلايا المصابة مما يؤدى إلى تفتيت نواة الخلية وموتها.

* مما سبق يمكن توضيح اليتى المناعة المكتسبة فى المخطط التالى :





الباب الثانى

البيولوچيا الجزيئية

الفصل 1 الحمض النووى DNA والمعلومات الوراثية

الـدرس الأول جهود العلماء لمعرفة المادة الوراثية للكائن الحى.

الـدرس الثانى الحمض النووى DNA

الـدرس الثالث
- DNA فى أوليات وحقيقيات النواة.
- تركيب المحتوى الچينى.
- الطفرات.

أهداف الفصل :

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف دور العلماء فى معرفة مادة الوراثة.
- يتعرف تركيب الحمض النووى DNA
- يتعرف كيفية تضاعف DNA وأهمية ذلك بالنسبة للخلايا.
- يقدر دور العلماء فى التوصل إلى تركيب لولب DNA وتضاعفه.
- يستنتج الفروق بين DNA فى أوليات وحقيقيات النواة.
- يتخيل طول DNA وكيف يتم تكثيفه ليشغل حيزًا صغيرًا بالنواة.
- يتعرف تركيب المحتوى الچينى.
- يتعرف أنواع الطفرات.
- يكتشف أسباب الطفرة ونواتجها.



الفصل 1 الدرس الأول

جهود العلماء لمعرفة المادة الوراثية للكائن الحى

* لعلك تعلم أن :

- فى معظم الكائنات الحية نواة الخلية هى المسئولة عن انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء وذلك لأنها تحتوى على وحدات المعلومات الوراثية التى يطلق عليها اسم **الچينات** التى تُحمل بدورها على الصبغيات (الكروموسومات).

الچينات
وحدات المعلومات الوراثية التى تتحكم فى الصفات الموروثة.

- أثناء الانقسام **الميتوزى** للخلية تنفصل الصبغيات إلى مجموعتين متماثلتين بحيث يصبح لكل خلية ناشئة عن الانقسام نفس عدد الصبغيات الموجودة فى الخلية الأصلية، وهذا دليل على أن الصبغيات هى التى تحمل المعلومات الوراثية.

* يدخل فى تركيب **الصبغى** مركبان رئيسيان، هما :

- **DNA**
- **البروتينات**

فأى هذين المركبين يحمل المعلومات الوراثية (المادة الوراثية) ؟

* اعتقد العلماء فى بادئ الأمر أن البروتينات هى المادة الوراثية وليس DNA، **وذلك للأسباب التالية :**

(١) البروتينات يدخل فى تركيبها ٢٠ نوع من الأحماض الأمينية المختلفة، والتى تتجمع بطرق مختلفة لتعطى عددًا لا حصر له من المركبات البروتينية المختلفة بما يتناسب مع تنوع الصفات الوراثية.

(٢) DNA يدخل فى تركيبه أربعة أنواع فقط من النيوكليوتيدات.

• اتضح بعد ذلك خطأ هذا الاعتقاد وأثبتت الأدلة أن DNA هو المادة الوراثية مما أدى إلى قيام العلماء بدراسة الأساس الجزيئى للوراثة والذى يطلق عليه عادةً اسم البيولوجيا الجزيئية **Molecular Biology**

• البيولوجيا الجزيئية

أحد مجالات العلم الحديث الذى يهتم بدراسة الأساس الجزيئى للوراثة (DNA) وهو يتقدم بسرعة كبيرة جداً.

الأدلة على أن DNA هو المادة الوراثية



أ التحول البكتيرى Bacterial transformation

تجربة ١ للعالم جريفث Griffith

• أجرى العالم البريطانى جريفث تجاربه على الفئران عام ١٩٢٨م لدراسة البكتيريا المسببة لمرض الالتهاب الرئوى.

• استخدم جريفث فى تجاربه نوعين من سلالة البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوى وهما سلالة البكتيريا (S) وسلالة البكتيريا (R) **وذلك كما يلى :**

أضف إلى معلوماتك

يسبب مرض الالتهاب الرئوى نوع من البكتيريا الكروية، ويوجد منها سلالتان، الأولى مغلفة بمحفظة تعطيها المظهر الأملس Smooth (S) والأخرى غير مغلفة بهذه المحفظة فتكون خشنة المظهر Rough (R)



الخطوات	المشاهدة بالأشكال التوضيحية	الاستنتاج
١ حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S)	إصابة الفئران بالالتهاب الرئوى الحاد ثم موتها	سلالة بكتيريا (S) مميتة (تسبب موت الفئران بالالتهاب الرئوى الحاد)
٢ حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (R)	إصابة الفئران بالالتهاب الرئوى وعدم موتها	سلالة بكتيريا (R) غير مميتة (تصيب الفئران بالالتهاب الرئوى فقط ولا تسبب موتها)
٣ حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S) سبق قتلها بالحرارة	عدم موت الفئران	سلالة بكتيريا (S) المقتولة حراريًا لا تسبب موت الفئران
٤ حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S) سبق قتلها بالحرارة مع سلالة بكتيريا (R) حية	موت بعض الفئران	المادة الوراثية الخاصة بسلالة البكتيريا (S) المميتة انتقلت إلى داخل سلالة البكتيريا (R) غير المميتة فتحولت إلى السلالة (S) وأصبحت مميتة وذلك بعد فحص الفئران الميتة حيث وجد بها بكتيريا (S) حية

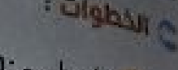
* أطلق جريفث على ظاهرة تحول سلالة البكتيريا (R) غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة اسم «**التحول البكتيرى**» ولكنه لم يفسر كيفية انتقال المادة الوراثية من السلالة (S) إلى السلالة (R).

التحول البكتيرى

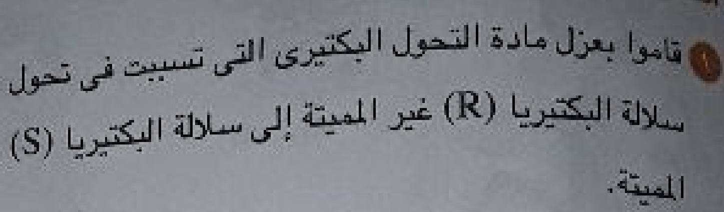
تحول سلالة البكتيريا (R) غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة نتيجة انتقال المادة الوراثية إليها.

تجربة ٢ للعالم إفرى وزملاؤه

إفرى



الخطوات :

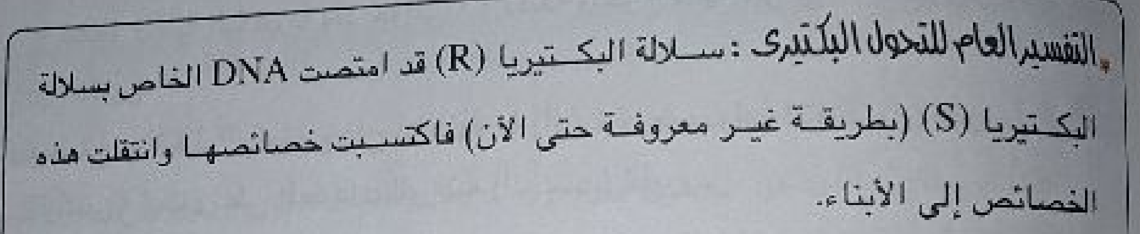


١ قاموا بعزل مادة التحول البكتيرى التى تسببت فى تحول سلالة البكتيريا (R) غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة.



٢ قاموا بتحليل مادة التحول البكتيرى.

الاستنتاج : مادة التحول البكتيرى تتكون من DNA



* **التفسير العام للتحول البكتيرى :** سلالة البكتيريا (R) قد امتصت DNA الخاص بسلالة البكتيريا (S) (بطريقة غير معروفة حتى الآن) فاكتسبت خصائصها وانتقلت هذه الخصائص إلى الأبناء.
* **الاعتراض على أن DNA هو المادة الوراثية :** الجزء من DNA الذى سبب التحول البكتيرى لم يكن نقى تمامًا، لأنه كان يحمل كمية من البروتين يحتمل أن تكون السبب فى إحداث هذا التحول.

تجربة ٣ التجربة الحاسمة

الخطوات :

١ تم معاملة المادة النشطة المنتقلة (DNA + البروتينات) المسئولة عن التحول البكتيرى بإنزيم دى أكسى ريبونيوكليز (Deoxyribonuclease) الذى يعمل على تحليل جزىء DNA تحليلاً كاملاً، ولا يؤثر على البروتينات أو RNA

٢ تم نقل هذه المادة إلى سلالة البكتيريا (R) غير المميتة.

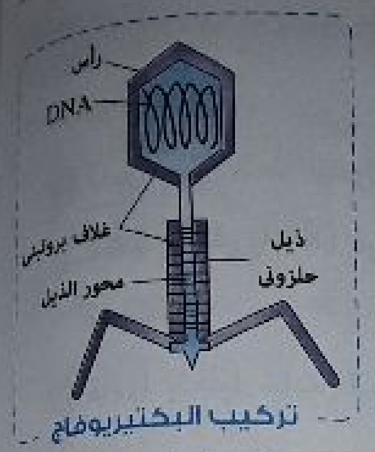
المشاهدة : لم تتحول سلالة البكتيريا (R) غير المميتة إلى السلالة الأخرى (S) المميتة.

التفسير : تتوقف عملية التحول البكتيرى نتيجة لغياب مادة DNA التى تحللت.

الاستنتاج : DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين.

ب لاقمات البكتيريا (البكتيريوفاج) Bacteriophages





تركيب البكتيريوفاج

* **تركيب البكتيريوفاج (الفاج) :**

البكتيريوفاج ڤيروس يتركب من DNA يحيط به غلاف بروتيني يمتد ليكون ما يشبه الذيل.

* **تكاثر البكتيريوفاج :**

- يهاجم الڤيروس الخلية البكتيرية فيتصل بها عن طريق الذيل.
- تنفذ المادة الوراثية للڤيروس إلى داخل الخلية البكتيرية وتتضاعف أعدادها.
- تنفجر الخلية البكتيرية بعد حوالى ٣٢ دقيقة ويخرج منها حوالى ١٠٠ ڤيروس جديد مكتمل التكوين.

* يتضح من تكاثر البكتيريوفاج أن مادة ما (أو مجموعة مواد) انتقلت من الڤيروس إلى الخلية البكتيرية تحتوى على المعلومات الوراثية (الچينات) للڤيروس.

الغلاف البروتيني للفاج
المادة الوراثية للفاج
(١) مهاجمة الفاج للخلية البكتيرية
DNA البكتيري
(٢) بعد ٤ دقائق من المهاجمة
الغلاف البروتيني الفارغ للفاج
(٣) بعد ١٠ دقيقة
(٤) بعد ٢٠ دقيقة
الفاج الجديد
(٥) بعد ٢٨ دقيقة
انفجار الخلية البكتيرية وانطلاق الفاج الجديد
(٦) بعد ٣٢ دقيقة

تكاثر البكتيريوفاج

تجربة للعالمان هيرشى وتشيس Hershy and Chase

* استغل هيرشي وتشيس لإجراء تجربتهما حقائق علمية وهى أن :
- DNA : يدخل فى تركيبه الفوسفور ولا يدخل فى تركيبه الكبريت.
- البروتين : قد يدخل فى تركيبه الكبريت ولا يدخل فى تركيبه الفوسفور.



هيرشى وتشيس

الخطوات	المشاهدة
١ قاما بترقيم DNA الفيروسى (DNA للبكتيريوفاج) بالفوسفور المشع، وترقيم البروتين الفيروسى بالكبريت المشع وسمحا لهذا الفيروس بمهاجمة البكتيريا. ٢ قاما بالكشف عن كل من الفوسفور المشع والكبريت المشع فى داخل وخارج الخلايا البكتيرية.	* كل الفوسفور المشع تقريبًا قد انتقل إلى داخل الخلية البكتيرية، دليل على وصول كل DNA الفيروسى تقريبًا. * أقل من ٣ ٪ فقط من الكبريت المشع قد انتقل إلى داخل الخلية البكتيرية دليل على عدم وصول أغلب البروتين الفيروسى.

الاستنتاج

* DNA الفيروسى يدخل الخلية البكتيرية ويدفعها إلى بناء فيروسات جديدة.
* DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين.

أضف إلى معلوماتك

ترقيم العنصر يعنى تحويل العنصر من صورة مستقرة إلى صورة مشعة حتى يسهل رصده.

* نستنتج من تجارب التحول البكتيرى والتجارب التى أجريت على الفاج أن جينات سلالات البكتيريا الخاصة بالالتهاب الرئوى وفيروسات الفاج تتكون من DNA

ونلاحظ أن هذه الاستنتاجات قصرت على الكائنات الحية التى أجريت عليها هذه التجارب.

* والسؤال الآن، هل كل الچينات عبارة عن DNA ؟

الإجابة هى لا .... لأن هناك بعض الڤيروسات (مثل الڤيروس المسبب لمرض الإيدز HIV) مادتها الوراثية هى RNA وليست DNA ومن المؤكد أن هذه الڤيروسات تشذ عن القاعدة لأنها تكون جزءًا صغيرًا من صور الحياة، ولكن كل الدراسات التى أجريت حتى الآن أكدت على أن DNA هو المادة الوراثية لجميع الأحياء تقريبًا.

جـ كمية DNA فى الخلايا

* فى حقيقيات النواة وجد بالقياس أن :

١ كمية DNA فى أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لكائن معين (مثل الدجاج) متساوية بينما كمية البروتين فى نفس الخلايا غير متساوية.

٢ كمية DNA فى الخلايا الجنسية (الأمشاج) تعادل نصف كمية DNA فى الخلايا الجسدية لنفس الكائن الحى، وحيث إن الفرد الجديد ينشأ من اتحاد مشيج مذكر مع مشيج مؤنث لذلك يجب أن يحتوى كل مشيج على نصف كمية DNA (المعلومات الوراثية) الموجودة فى الخلية الجسدية وإلا فإن المادة الوراثية ستتضاعف فى كل جيل، ولا ينطبق ذلك على البروتين.

٣ البروتينات يتم هدمها وإعادة بنائها باستمرار داخل الخلايا، بينما DNA يكون ثابت بشكل واضح فى الخلية (لا يتحلل).

★ فى ضوء ما سبق يمكننا استنتاج أن :

DNA هو المادة الوراثية بينما البروتين لا يعمل كمادة وراثية.





الفصل 1 | الدرس الثانى

الحمض النـووى DNA

- بعد وجود أدلة قوية تكفى لاعتبار أن DNA يحمل المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية انشغل كثير من الباحثين فى محاولة التعرف على تركيب جزىء DNA ووضع نموذج له.

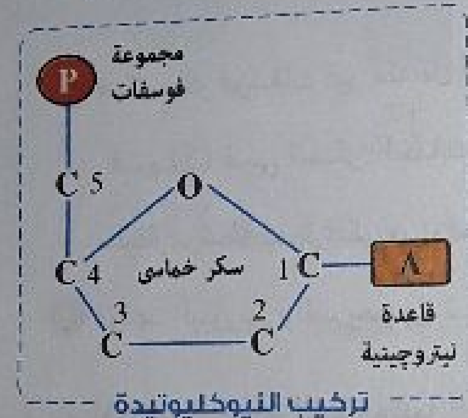
تركيب DNA

- يتركب شريط DNA مـن نيوكليوتيدات كل نيوكليوتيدة تتكون من ثلاثة مكونات هى :

١ سكر خماسى الكربون (ديـوكسى ريبوز (Deoxyribose).

٢ مجموعة من الفوسفات مرتبطة برابطة تساهمية بذرة الكربون رقم (5) فى السكر الخماسى.

٣ قاعدة نيتروجينية تـرتبط برابطة تساهمية بذرة الكربون رقم (1) فى السكر الخماسى.



تركيب النيوكليوتيدة

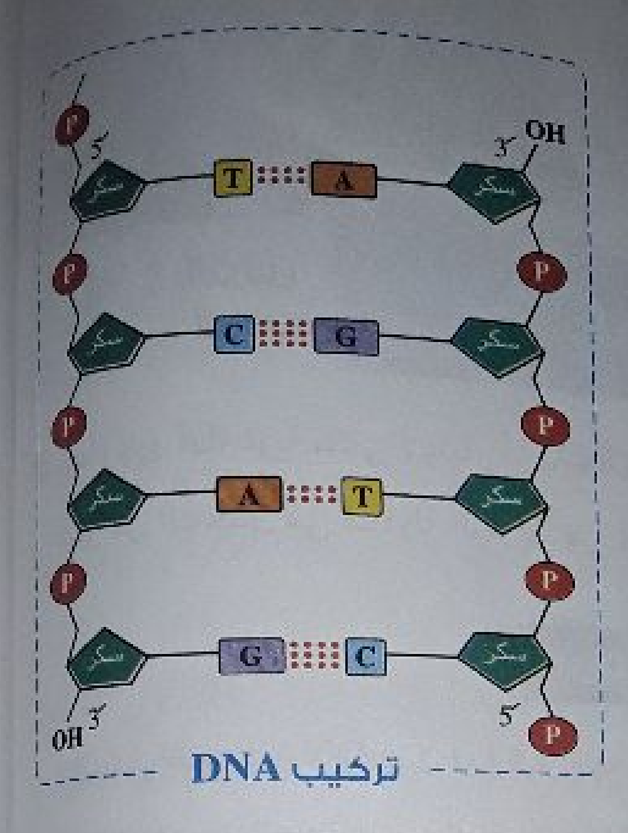
- يحتوى شريط DNA على أربعة أنواع من القواعد النيتروجينية قد تكون

إحـــدى مشتقـــات

البيريميدينات (ذات حلقة واحدة)	أو	البيورينات (ذات حلقتين)
* الثايمين (T).	مثل	* الأدينين (A).
* السيتوزين (C).		* الجوانين (G).

* ترتبـــط النيوكليوتيـــدات ببعضـــها فى شريط DNA كالآتى :

١ مجموعــة الفوســفات المتصلــة بذرة الكربــون رقــم (5) فــى سـكر إحدى النيوكليوتيدات ترتبط برابطة تساهمية بـذرة الكربـون رقـم (3) فـى سـكر النيوكليوتيـدة التاليـة والشـريط الذى يتبادل فيه السـكر والفوسـفات يطلق عليه «هيكل سكر فوسفات».



تركيب DNA

٢ هيكل سكر فوسفات غير متماثل لأن به مجموعة فوسفات حرة طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقــم (5) فــى السكر الخماسى عند إحدى نهاياته، ومجموعة هيدروكسيل (OH) حرة طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم (3) فى السكر الخماسى عند النهاية الأخرى للهيكل.

٣ قواعد البيورين والبيريميدين تبرز على جانب واحد من هيكل سكر فوسفات.

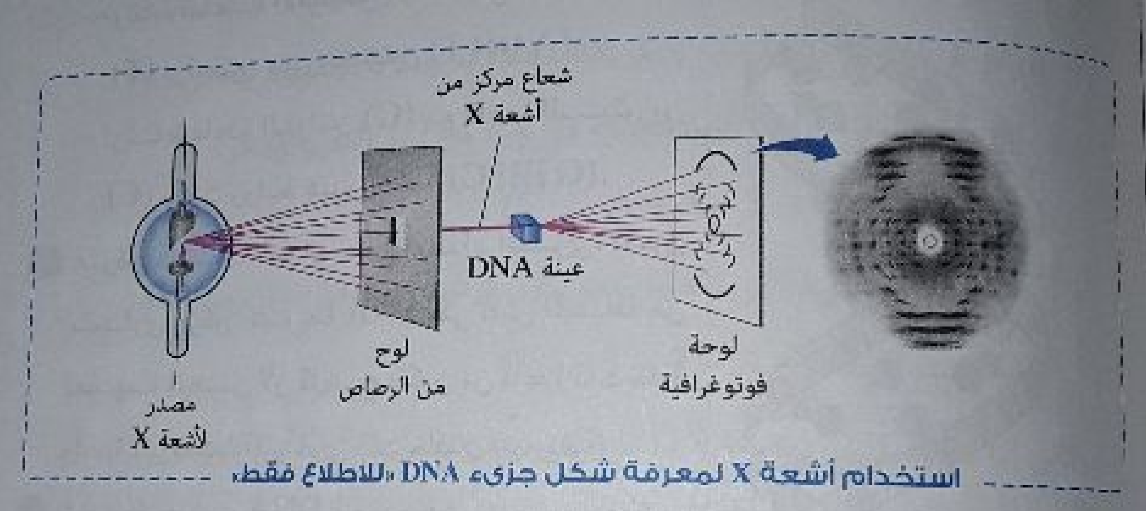
* **يتساوى عدد القواعد النيتروجينية البيريميدينية والبيورينية فى جزىء DNA، حيث يكون :**
  - عدد النيوكليوتيدات المحتوية على **الأدينين** مساوية لتلك التى تحتوى على **الثايمين** A = T
  - عدد النيوكليوتيدات المحتوية على **الجوانين** مساوية لتلك التى تحتوى على **السيتوزين** G = C

أى أن : A + G = C + T

الدليل المباشر على تركيب DNA (دراسات فرانكلين Franklin)

- استخدمت فرانكلين تقنية حيود أشعة X فى الحصول على صور لبللورات من DNA عالى النقاوة، حيث :
- قامت بإمرار أشعة X خلال بللورات من جزيئات DNA ذات تركيب منتظم.
- نشأ عن ذلك تشتت لأشعة X وظهور طراز من توزيع نقط أعطى تحليلها معلومات عن شكل جزىء DNA

فرانكلين



استخدام أشعة X لمعرفة شكل جزىء DNA «للاطلاع فقط»

• نتائج الدراسات التى قامت بها فرانكلين عن تركيب جزىء DNA :

نشرت فرانكلين عام ١٩٥٢م صورًا لبللورات من DNA عالى النقاوة أوضحت فيها أن :

1. جزىء DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب بحيث تكون القواعد متعامدة على طول الخيط.
2. هيكل سكر فوسفات يوجد فى الجهة الخارجية من اللولب والقواعد النيتروجينية توجد جهة الداخل.
3. قطر اللولب يدل على أنه يتكون من أكثر من شريط من DNA

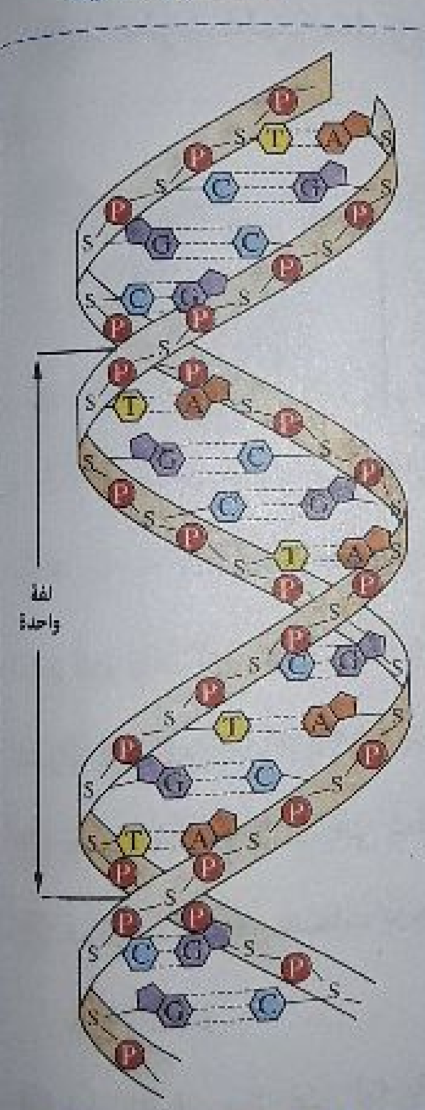
* بعد أن نشرت فرانكلين صور DNA قام العالمان الإنجليزيان واطسون وكريك **Watson and Crick** بوضع أول نموذج مقبول لتركيب DNA

نموذج واطسون وكريك لتركيب DNA


واطسون وكريك

١ يتركب نموذج واطسون وكريك لتركيب DNA من شريطين يرتبطان معًا كالسلم، حيث :
- يمثل هيكلا السكر والفوسفات جانبى السلم.
- تمثل القواعد النيتروچينية درجات السلم.

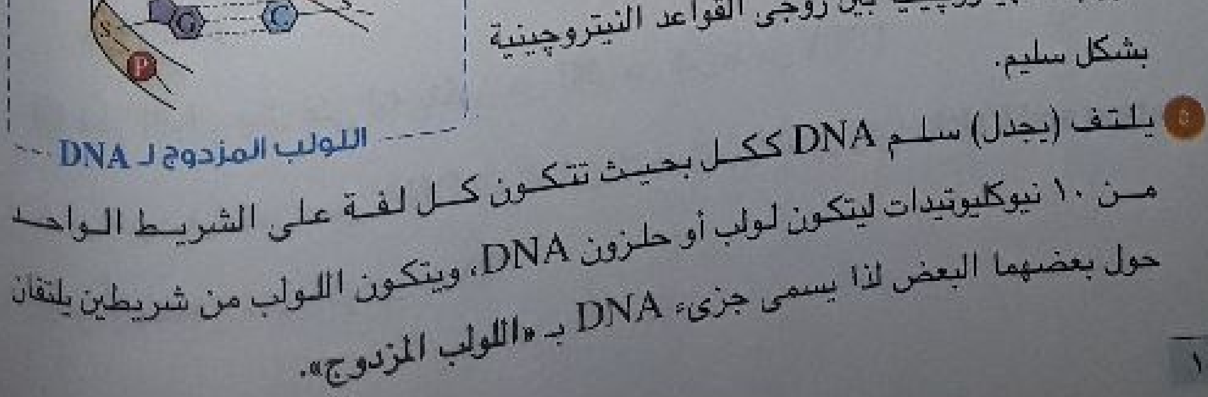
٢ يتكون الدرج من إحدى الحالتين التاليتين :
- ارتباط قاعدة الأدينين (A) مع قاعدة الثايمين (T) برابطتين هيدروچينيتين (T :::: A).
- ارتباط قاعدة الجوانين (G) مع قاعدة السيتوزين (C) بثلاث روابط هيدروچينية (C :::::: G).



اللولب المزدوج لـ DNA

٣ عرض درجات السلم على امتداد الجزىء يكون متساوى، ويكون شريطا DNA على نفس المسافة من بعضهما البعض لأن كل درج يتكون من قاعدة ذات حلقة واحدة (بيريميدينية) وأخرى ذات حلقتين (بيورينية).

٤ شريطا جزىء DNA أحدهما فى وضع معاكس للآخر، حيث يكون أحد الشريطين اتجاهه (´5 ⟵ ´3) بينما الشريط المقابل يكون اتجاهه (´3 ⟵ ´5) بمعنى أن مجموعة الفوسفات الطرفية المتصلة بذرة الكربون رقم (5) فى السكر الخماسى فى شريطى DNA تكون عند الطرفين المعاكسين حتى تتكون الروابط الهيدروچينية بين زوجى القواعد النيتروچينية بشكل سليم.



٥ يلتف (يجدل) سلم DNA ككل بحيث تتكون كل لفة على الشريط الواحد من ١٠ نيوكليوتيدات ليتكون لولب أو حلزون DNA، ويتكون اللولب من شريطين يلتفان حول بعضهما البعض لذا يسمى جزىء DNA بـ «اللولب المزدوج».



تضاعف DNA



- تتضاعف كمية DNA فى الخلية قبل أن تبدأ فى الانقسام حتى تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأم.
- أشار كل من واطسون وكريك إلى أن جزىء DNA (شريطى DNA) يحتوى على وسيلة يمكن بها مضاعفة المعلومات الوراثية بدقة، حيث إن الشريطين يحتويان على قواعد نيتروچينية متكاملة أى أن تتابع النيوكليوتيدات فى كل شريط يوفر المعلومات اللازمة لبناء شريط مقابل له ومتكامل معه (أى أن كل شريط DNA قديم يعمل كقالب لبناء شريط DNA جديد يتكامل معه).

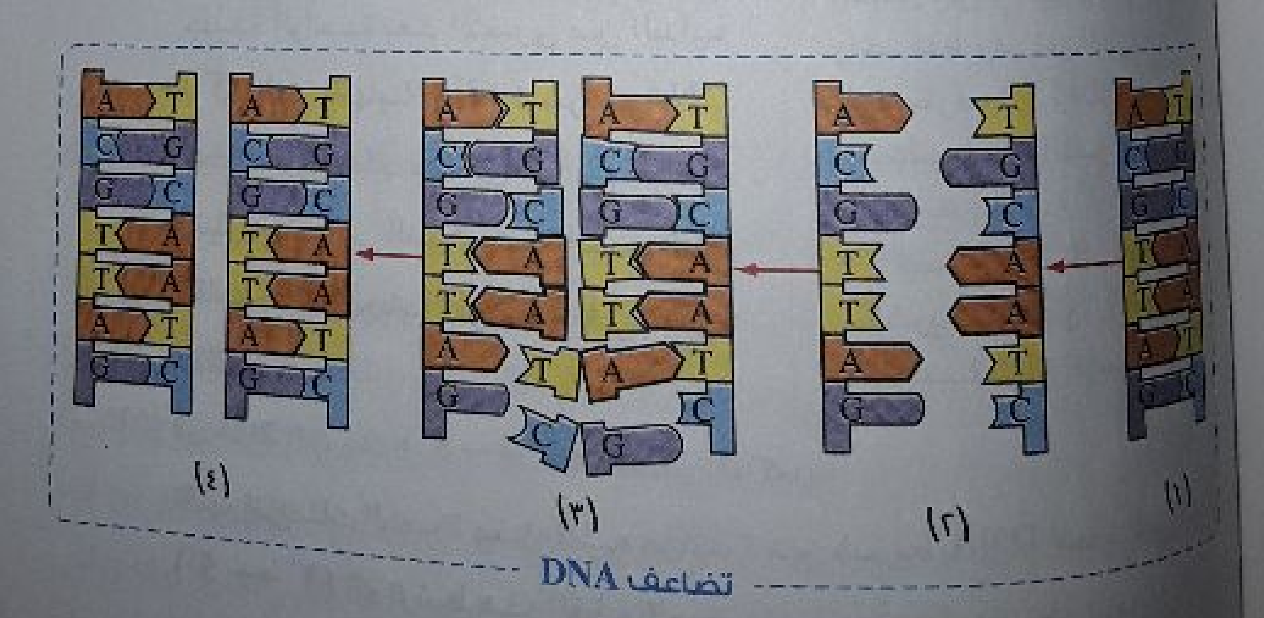
فمثلاً : إذا كان تتابع القواعد النيتروچينية فى جزء من أحد الشريطين هو

(5´..... A – A – T – C – C ..... 3´)

فإن قطعة الشريط التى تتكامل معه يكون ترتيب قواعدها النيتروچينية هو

(3´..... T – T – A – G – G ..... 5´)

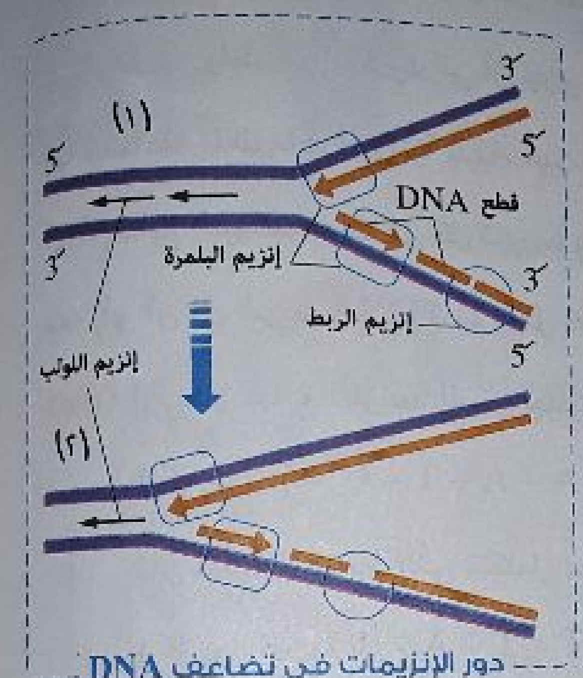
وبالتالى إذا تم فصل شريطى DNA عن بعضهما البعض فإن أيًا منهما يمكن أن يعمل كقالب لإنتاج شريط يتكامل معه.



تضاعف DNA

الإنزيمات وتضاعف DNA

* يتطلب نسخ DNA تكامل نشاط عدد من الإنزيمات والبروتينات فى الخلية ويتم ذلك حسب الخطوات التالية :



دور الإنزيمات فى تضاعف DNA

١. ينفك التفاف اللولب المزدوج.

٢. تتحرك إنزيمات اللولب **(DNA - helicases)** على امتداد اللولب المزدوج فاصلة الشريطين عن بعضهما عن طريق كسر الروابط الهيدروچينية بين القواعد النيتروچينية المتزاوجة فى كلا الشريطين.

٣. يبتعد الشريطان عن بعضهما لتتمكن القواعد النيتروچينية من تكوين روابط هيدروچينية مع نيوكليوتيدات جديدة.

٤. تقوم إنزيمات البلمرة **(DNA - Polymerases)** ببناء أشرطة DNA جديدة كالتالى :

(أ) فى حالة الشريط (´3 ← ´5) الأصلى القالب :

تقوم إنزيمات البلمرة بإضافة نيوكليوتيدات جديدة الواحدة بعد الأخرى من البداية (´5) إلى النهاية (´3) لشريط DNA الجديد، ويتم ذلك بعد أن تتزاوج القاعدة النيتروچينية فى النيوكليوتيدة الجديدة مع القاعدة النيتروچينية الموجودة على شريط القالب.

ملحوظة

* يعمل إنزيم البلمرة فى اتجاه واحد فقط وهو من الطرف (´5) إلى الطرف (´3) لذلك فإنه :
- يصلح لبناء الشريط المكمل للشريط القالب (´3 ← ´5).
- لا يصلح لبناء الشريط المكمل للشريط المعاكس (´5 ← ´3) إلا بمساعدة إنزيمات الربط.

(ب) فى حالة الشريط (´5 ← ´3) الأصلى المعاكس :

تقوم إنزيمات البلمرة ببناء قطع صغيرة من شريط DNA الجديد فى اتجاه (´5 ← ´3) ثم ترتبط هذه القطع الصغيرة مع بعضها بواسطة إنزيمات الربط **(DNA - Ligases)** وذلك لأن إنزيم البلمرة لا يعمل فى اتجاه (´3 ← ´5).



• تضاعف DNA فى أوليات النواة :

يوجد DNA فى أوليات النواة فى السيتوبلازم على شكل لولب مزدوج تلتحم نهاياته مع بعضها البعض ويتصل مع الغشاء البلازمى للخلية عند نقطة ما يبدأ عندها نسخ جزىء DNA

• تضاعف DNA فى حقيقيات النواة :

ينتظم DNA فى حقيقيات النواة فى صورة صبغيات، حيث يحتوى كل صبغى على جزىء واحد من DNA، يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر، ويبدأ نسخ جزىء DNA من عند أى نقطة على امتداده.

إصلاح عيوب DNA

• كل المركبات البيولوجية التى توجد فى الخلية على شكل بوليمرات (كالنشا والبروتين والأحماض النووية) تكون معرضة للتلف من حرارة الجسم ومن البيئة المائية داخل الخلية.

> **البوليمرات**
> مركبات طويلة تتكون من وحدات بنائية متكررة.

• يعتبر DNA من المركبات البيولوجية المعرضة للتلف حيث تفقد الخلية البشرية يوميًا حوالى ٥٠٠٠ قاعدة بيورينية (أدينين وجوانين) من DNA الموجود بها.

• أسباب تلف DNA :

(١) الحرارة (حرارة الجسم) والتى تعمل على كسر الروابط التساهمية التى تربط السكريات الخماسية.

(٢) البيئة المائية داخل الخلية. (٣) المركبات الكيميائية. (٤) الإشعاع.

• تأثير تلف DNA :

- أى تلف فى جزىء DNA يمكن أن يُحدث تغيير فى المعلومات الوراثية الموجودة به مما ينتج عنه تغيرات خطيرة فى بروتينات الخلية.
- رغم أن هناك آلاف التغيرات التى تحدث لجزىء DNA كل يوم إلا أنه لا يستمر من هذه التغيرات فى الخلية سوى تغيرين أو ثلاثة كل عام وتكون لها صفة الدوام وذلك لأن الغالبية العظمى من التغيرات تُزال بكفاءة عالية نتيجة نشاط مجموعة من الإنزيمات (٢٠ إنزيم) تعمل فى تناغم على إصلاح عيوب DNA وهى **إنزيمات الربط**، بينما الذى يستمر من هذه التغيرات فى الخلية يكون بسبب حدوث تلف فى شريطى DNA فى نفس الموقع ونفس الوقت.

* **ميكانيكية إصلاح عيوب DNA :**

تقوم إنزيمات الربط بالتعرف على المنطقة التالفة فى DNA ثم تقوم بإصلاحها وذلك باستبدال النيوكليوتيدة التالفة بنيوكليوتيدة جديدة تتزاوج مع تلك الموجودة بالشريط المقابل للجزء التالف، فيظل تركيب DNA ثابت عند انتقاله للأجيال التالية.

ومن هنا نجد أن إنزيمات الربط تلعب دورًا هامًا فى الثبات الوراثى للكائنات الحية.

* يعتمد إصلاح عيوب DNA على وجود نسختين من المعلومات الوراثية واحدة على كل من شريطى اللولب المزدوج، حيث إنه لابد من وجود شريط من الشريطين دون تلف لتستطيع إنزيمات الربط استخدامه كقالب لإصلاح التلف الموجود على الشريط المقابل، وبالتالى فكل تلف يمكن إصلاحه إلا إذا حدث هذا التلف فى الشريطين فى نفس الموقع ونفس الوقت.

> **ملحوظة**
>
> **المادة الوراثية فى بعض الفيروسات توجد فى** صورة شريط مفرد من RNA لذلك يظهر بها معدل مرتفع من التغير الوراثى الذى ينشأ عن تلف فى شريط RNA وبالتالى يزيد معدل الطفرات فى هذه الفيروسات.

★ **مما سبق نستنتج أن :**

1. اللولب المزدوج لـ DNA يعتبر حيويًا للثبات الوراثى للكائنات الحية التى يوجد بها.
2. **هناك حالات لا يمكن فيها إصلاح التلف فى المادة الوراثية، وهى :**
   - حدوث التلف فى شريطى DNA فى نفس الموقع ونفس الوقت.
   - الفيروسات التى تكون مادتها الوراثية فى صورة شريط مفرد من RNA



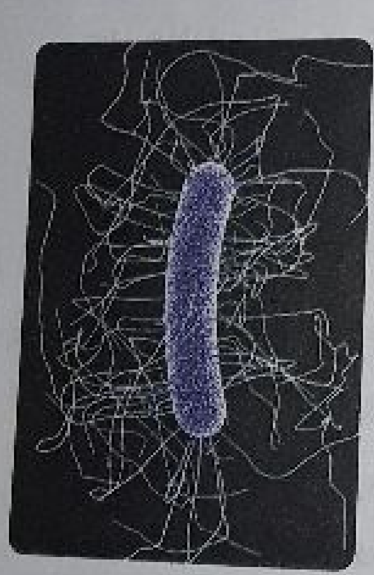


• DNA فى أوليات وحقيقيات النواة
• تركيب المحتوى الجينى • الطفرات

أولا DNA فى أوليات النواة

• **أوليات النواة :** هى كائنات حية لا تحاط المادة الوراثية فيها بغشاء نووى بل توجد حرة فى السيتوبلازم مثل البكتيريا.

• **DNA فى بكتيريا ايشيريشيا كولاى (*E.coli*) كمثال لأوليات النواة :**



صورة DNA بالمجهر الإلكترونى فى أوليات النواة

1. يوجد DNA على شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه معًا.
2. يصل طول DNA (بعد فرده إن أمكن) إلى ١,٤ مم، بينما يصل طول الخلية البكتيرية نفسها إلى حوالى ٢ ميكرون.
3. يلتف جزىء DNA الدائرى حول نفسه عدة مرات ليحتل منطقة نووية تصل إلى حوالى ٠,١ من حجم الخلية.
4. يتصل DNA بالغشاء البلازمى للخلية فى موقع أو أكثر.

• تحتوى بعض الخلايا البكتيرية على واحدة أو أكثر من البلازميدات Plasmids

• البلازميدات
جزيئات صغيرة دائرية من DNA لا تتعقد بوجود بروتين معها.

• **أماكن تواجد البلازميدات :**

1. **فى أوليات النواة :** تحتوى بعض الخلايا البكتيرية على واحدة أو أكثر من البلازميدات.
2. **فى حقيقيات النواة :** ثبت وجود البلازميدات فى خلايا فطر الخميرة.

* **أهمية البلازميدات :**
تستخدم على نطاق واسع فى الهندسة الوراثية، حيث تتضاعف البلازميدات فى نفس الوقت الذى تضاعف فيه الخلايا البكتيرية لـ DNA الرئيسى بها ويستغل العلماء هذا التضاعف بإدخال بلازميدات صناعية إلى داخل الخلايا البكتيرية بهدف الحصول على نسخ كثيرة من هذه البلازميدات.

ملحوظة

جزيئات DNA التى توجد فى الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء (عضيات توجد فى سيتوبلازم حقيقيات النواة) تشبه جزيئات DNA التى توجد فى أوليات النواة.

ثانيًا DNA فى حقيقيات النواة

* **حقيقيات النواة :** هى كائنات حية تحاط المادة الوراثية فيها بغشاء نووى يفصلها عن السيتوبلازم وينتظم DNA بها فى صورة صبغيات.
* تحتوى كل خلية جسدية فى جسم الإنسان على ٤٦ صبغى.
* تتضح الصبغيات فى خلايا حقيقيات النواة أثناء انقسامها.

تركيب الصبغى

* يدخل فى تركيب الصبغى جزىء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر.
* يلتف جزىء DNA ويطوى عدة مرات ويرتبط بالعديد من البروتينات مكونًا «**الكروماتين**» الذى يحتوى عادةً على كميات متساوية من DNA والبروتين.

الكروماتين
جزىء واحد من DNA يلتف ويطوى عدة مرات مرتبطًا بالعديد من البروتينات.

* **تنقسم البروتينات التى تدخل فى تركيب الصبغى الى :**

أ بروتينات هستونية Histones

البروتينات الهستونية
مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة توجد فى كروماتين أى خلية بكميات ضخمة، وتحتوى على قدر كبير من الحمضين الأمينيين القاعديين الأرجينين والليسين.

* ترتبط البروتينات الهستونية بقوة مع مجموعات الفوسفات السالبة الموجودة فى جزىء DNA لأن مجموعة الألكيل الجانبية للحمضين الأمينيين (الأرجينين والليسين) تحمل شحنات موجبة عند الأس الهيدروچينى (pH) العادى.

ب بروتينات غير هستونية Non-histones

البروتينات غير الهستونية

مجموعة غير متجانسة من البروتينات التركيبية والتنظيمية توجد فى تركيب كروماتين الخلية.

* تقوم البروتينات غير الهستونية بوظائف عديدة مختلفة **لأنها تشتمل على** :

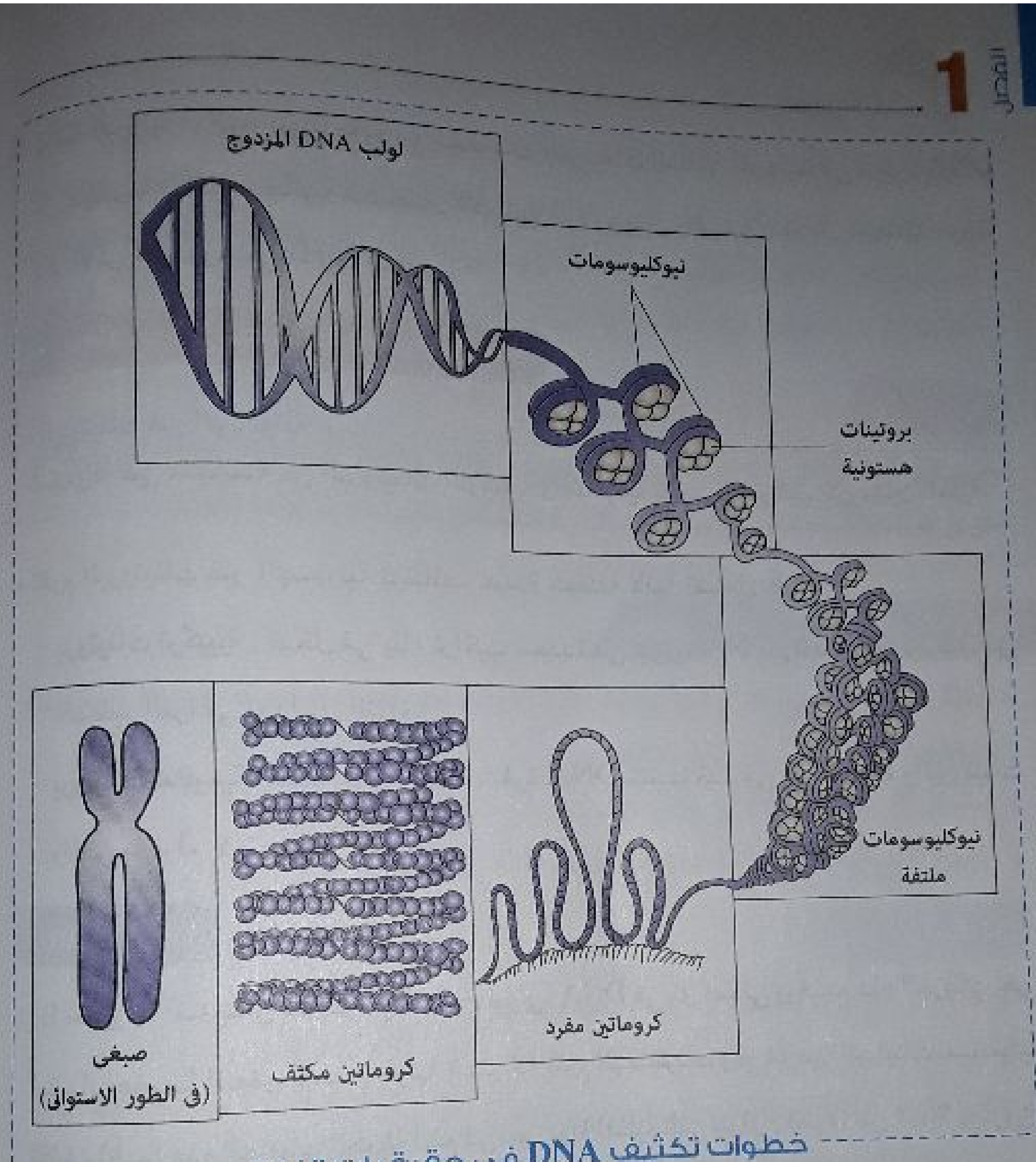
- **بروتينات تركيبية** : تدخل فى بناء تراكيب محددة فى جزىء DNA وتلعب دورًا رئيسيًا فى التنظيم الفراغى له داخل النواة.
- **بروتينات تنظيمية** : تحدد ما إذا كانت شفرة DNA ستستخدم فى بناء RNA والبروتينات والإنزيمات أم لا.

تكثيف DNA

* إذا تصورنا أنه يمكن فك اللولب المزدوج لجزىء DNA فى كل صبغى ووضع هذه الجزيئات على امتداد بعضها البعض لوصل طولها ٢ متر لذا تقوم الهستونات وغيرها من البروتينات بمسئولية تكثيف (ضم) هذه الجزيئات الطويلة لتقع فى حيز نواة الخلية التى يتراوح قطرها من ٢ : ٣ ميكرون.

* **خطوات تكثيف DNA :**

لقد أوضح التحليل البيوكيميائى وصور المجهر الإلكترونى أن جزىء DNA يتكاثف كالآتى :



خطوات تكثيف DNA فى حقيقيات النواة

① يلتف جزىء DNA حول مجموعات من البروتينات الهستونية مكونًا حلقات من **النيوكليوسومات**، مما يؤدى إلى تقصير طول جزىء DNA عشر مرات ولكن لابد أن يقصر جزىء DNA حوالى ١٠٠,٠٠٠ مرة حتى تستوعبه النواة.

• النيوكليوسومات

حلقات فى الصبغى تتكون من التفاف جزىء DNA حول مجموعة من البروتينات الهستونية، وذلك لتقصير طول جزىء DNA عشر مرات.

٢ تلتف حلقات النيوكليوسومات مرة أخرى لتنضم مع بعضها البعض ولكن هذا أيضًا لا يكفى لتقصير جزىء DNA إلى الطول المطلوب.

٣ ترتب أشرطة النيوكليوسومات الملتفة بشدة على شكل حلقة كبيرة بواسطة البروتينات التركيبية غير الهستونية مكونة بذلك الكروماتين المكثف (الملتف والمكدس).

ملحوظة

عندما يكون جزىء DNA مكثف فى صورة كروماتين لا تصله الإنزيمات الخاصة بتضاعفه، ويتعين فك هذا الالتفاف على الأقل إلى مستوى شريط من النيوكليوسومات قبل أن يعمل DNA كقالب لبناء DNA أو RNA

• مما سبق يمكن المقارنة بين البروتينات الهستونية والبروتينات غير الهستونية كالتالى :

	البروتينات الهستونية	البروتينات غير الهستونية
التعريف	مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة توجد فى كروماتين الخلية بكميات ضخمة وتحتوى على قدر كبير من الحمضين الأمينيين القاعديين الأرجينين والليسين	مجموعة غير متجانسة من البروتينات التركيبية والتنظيمية تدخل فى تركيب الكروماتين
الوظيفة	١ ترتبط بقوة بمجموعات الفوسفات السالبة الموجودة فى جزىء DNA ، وذلك لأن مجموعة الألكيل الجانبية للحمضين الأمينيين (الأرجينين والليسين) تحمل شحنات موجبة عند الأس الهيدروچينى (pH) العادى للخلية. ٢ مسئولة عن تقصير جزىء DNA عشر مرات عن طريق تكوين حلقات من النيوكليوسومات.	١ **البروتينات التركيبية** : تلعب دورًا رئيسيًا فى التنظيم الفراغى لجزىء DNA داخل النواة كما أنها مسئولة عن تقصير جزىء DNA حوالى ١٠٠,٠٠٠ مرة عن طريق تكوين الكروماتين المكثف. ٢ **البروتينات التنظيمية** : تحدد ما إذا كانت شفرة DNA ستستخدم فى بناء RNA والبروتينات والإنزيمات أم لا.

تركيب المحتوى الچينى Genome

المحتوى الچينى

كل الچينات وبالتالى كل DNA الموجود فى الخلية.

* توصل الباحثون عام ١٩٧٧م إلى طرق يمكن بها تحديد تتابعات النيوكليوتيدات فى جزيئات DNA ، RNA مما أدى إلى معرفة ترتيب الچينات داخل جزيئات DNA فى الخلية.

* **يحتوى DNA على چينات تحمل التعليمات اللازمة لبناء :**

١ تتابع النيوكليوتيدات المسئولة عن بناء المركبات البروتينية.

٢ تتابع النيوكليوتيدات التى ينسخ منها جزيئات RNA الريبوسومى (rRNA) الذى يدخل فى بناء الريبوسومات.

٣ تتابع النيوكليوتيدات التى ينسخ منها جزيئات RNA الناقل (tRNA) الذى يحمل الأحماض الأمينية أثناء بناء البروتين.

* **المحتوى الچينى فى أوليات النواة :** تمثل الچينات المسئولة عن بناء RNA والبروتينات معظم المحتوى الچينى.

* **المحتوى الچينى فى حقيقيات النواة :** أقل من ٧٠٪ من الچينات مسئول عن بناء RNA والبروتينات وباقى الچينات غير معلومة الوظيفة.

DNA المتكرر

* توجد معظم چينات المحتوى الچينى فى الخلية بنسخة واحدة عادةً، إلا أن بعض التتابعات يوجد منها نسخ متكررة مثل :

١ الچينات الخاصة ببناء RNA الريبوسومى والهستونات التى تحتاجها الخلية بكميات كبيرة حيث إن وجود العديد من نسخ هذه الچينات يعمل على سرعة إنتاج الخلية للريبوسومات والهستونات، ولذلك يوجد منها مئات النسخ فى كل خلايا حقيقيات النواة.

٢ بعض تتابعات لقواعد نيتروچينية على DNA متكررة كتتابع النيوكليوتيدات القصير (A–G–A–A–G) فى الدروسوفيلا (ذبابة الفاكهة) الذى يتكرر حوالى (١٠٠,٠٠٠ مرة) فى منتصف أحد الصبغيات وهذا التتابع وغيره من التتابعات لا يمثل أى شفرة (دوره غير واضح).

أجزاء أخرى من DNA ليست بها شفرة

* تعرف الباحثون على العديد من أجزاء DNA التى لا تمثل شفرة لبناء RNA أو البروتينات.

* **أمثلة :**

١ الحبيبات الطرفية الموجودة عند أطراف بعض الصبغيات لا تحتوى على شفرات.

١ كمية كبيرة من DNA فى المحتوى الجينى لحقيقيات النواة لا تمثل شفرة، حيث لاحظ العلماء أن :

- كمية DNA فى المحتوى الجينى ليست لها علاقة بمقدار تعقد الكائن الحى، أو عدد البروتينات التى يكونها.
- كمية صغيرة فقط من DNA فى النبات والحيوان هى التى تحمل شفرة بناء البروتينات.

فمثلًا : حيوان السلمندر يوجد به أكبر محتوى جينى حيث تحتوى خلاياه على كمية DNA تعادل ٣٠ مرة قدر كمية DNA الموجودة فى الخلايا البشرية ومع ذلك تنتج خلاياه كمية أقل من البروتين وهذا يرجع لوجود كمية كبيرة من DNA بلا شفرة.

• وظيفة بعض DNA الذى لا يمثل شفرة :

١ يعتقد أنه يعمل على احتفاظ الصبغيات بتركيبها.

٢ يمثل إشارات للمناطق التى يجب أن يبدأ عندها بناء RNA الرسول (mRNA) وتعتبر هذه المناطق هامة فى بناء البروتين.

• مما سبق يمكن المقارنة بين DNA فى أوليات النواة و DNA فى حقيقيات النواة كالتالى :

	DNA فى أوليات النواة	DNA فى حقيقيات النواة
الشكل	لولب مزدوج تلتحم نهايتاه معًا ويتصل بالغشاء البلازمى عند موقع أو أكثر ولا ينتظم فى صورة صبغيات	لولب مزدوج لا تلتحم أطرافه وينتظم فى صورة صبغيات
التواجد	يوجد فى السيتوبلازم (غير محاط بغشاء نووى)	يوجد داخل النواة (محاط بالغشاء النووى)
التعقد بالبروتين	غير معقد بالبروتين	معقد بالبروتينات الهستونية والبروتينات غير الهستونية
التضاعف	يبدأ التضاعف من نقطة اتصاله مع الغشاء البلازمى	يبدأ التضاعف من أى نقطة على امتداد الجزىء
البلازميدات	توجد البلازميدات ولا تتعقد بوجود البروتين	لا توجد البلازميدات إلا فى فطر الخميرة فقط
الجينات	معظمها مسئول عن بناء RNA والبروتينات	أقل من ٧٠ ٪ منها مسئول عن بناء RNA والبروتينات وباقى الجينات غير معلومة الوظيفة

الطفرات Mutations

الطفرة
تغير مفاجئ في طبيعة العوامل الوراثية المتحكمة في صفات معينة مما قد ينتج عنه تغير هذه الصفات في الكائن الحي.

* **أسباب حدوث الطفرات :**

1. تغير تركيب العامل الوراثي (الچين).
2. التغيير الذي ينجم عن تأثير البيئة.
3. تغير عدد الصبغيات.

ملحوظة
انعزال الچينات أثناء الانقسام الميوزي وإعادة اتحادها لا تعتبر طفرة.

تصنيف الطفرات

أولًا تبعًا لتوارثها

أ) **طفرة حقيقية** : هي طفرة تتوارث على مدى الأجيال المتتالية.

ب) **طفرة غير حقيقية** : هي طفرة لا تتوارث في الأجيال المتتالية.

ثانيًا تبعًا لأهمية الطفرة

طفرات غير مرغوب فيها	طفرات مرغوب فيها
* تمثل أغلب الطفرات.	* طفرات نادرة لذلك يحاول الإنسان استحداثها بالطرق العلمية ليستفيد منها.
من أمثلتها	
* التشوهات الخلقية في الإنسان. * العقم في النبات الذي ينتج عنه نقص في المحصول.	* الطفرة التي أدت إلى ظهور سلالة «أنكن» من الأغنام ذات الأرجل القصيرة والمقوسة مما يجعلها لا تستطيع تسلق سور الحظيرة وإتلاف النباتات المزروعة واعتبرها المربي صفة نافعة فعمل على إكثارها. * الطفرات التي أدت إلى زيادة إنتاج المحاصيل النباتية.



ثالثًا تبعًا لنوع الطفرة

أ الطفرات الچينية

- طفرات تحدث نتيجة لتغير كيميائي في تركيب الچين خاصةً تغيير ترتيب القواعد النيتروچينية في جزيء DNA مما يؤدي إلى تكوين بروتين مختلف يعمل على ظهور صفة جديدة.
- قد يصاحب التغير في التركيب الكيميائي للچين تحوله من چين سائد إلى چين متنحي وقد يحدث العكس في حالات نادرة.

ب الطفرات الصبغية

- طفرات تحدث نتيجة التغير في أعداد أو تركيب الصبغيات.

١ التغير في عدد الصبغيات

- يقصد به نقص أو زيادة صبغي واحد أو أكثر في الأمشاج بعد الانقسام الميوزي.
- **أمثلة :**

١ **الزيادة في عدد الصبغيات :** كما في حالة كلاينفلتر (٤٤ + XXY) الزيادة بمقدار صبغي جنسي واحد (X).

٢ **النقص في عدد الصبغيات :** كما في حالة تيرنر (٤٤ + X) النقص بمقدار صبغي جنسي واحد (X).

٣ **تضاعف عدد الصبغيات (التضاعف الصبغي Polyploidy) :**

- **أسباب حدوثه :**
  - عدم انفصال الكروماتيدات بعد انقسام السنترومير.
  - عدم تكون الغشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين.
- **شيوعه وتأثيره :**
  - **في عالم النبات :**
    - ♦ يكون أكثر شيوعًا فنسبة كبيرة من النباتات المعروفة تكون (٣ن - ٤ن - ٦ن - ٨ن حتى ١٦ن) وذلك عندما تتضاعف الصبغيات في الأمشاج.
    - ♦ ينتج عنه أفراد ذات صفات جديدة، ويرجع ذلك إلي أن كل چين يكون ممثل بعدد أكبر فيكون تأثيره أكثر وضوحًا فيكون النبات أكثر طولًا وتكون أعضاؤه أكبر حجمًا وبخاصةً الأزهار والثمار.
    - ♦ **مثال :** يوجد حاليًا كثير من المحاصيل والفواكه مثل (القطن والقمح والعنب والتفاح والكمثرى والفراولة) ذات التعدد الرباعي (٤ن).

- في عالم الحيوان : تقل ظاهرة التضاعف الصبغي وذلك لأن تحديد الجنس في الحيوانات يتطلب وجود توازن دقيق بين عدد كل من الصبغيات الجسمية والجنسية، لذا يقتصر وجوده على بعض الأنواع الخنثى من القواقع والديدان التي لا يوجد لديها مشكلة في تحديد الجنس.

ملحوظة

التضاعف الثلاثي في الإنسان مميت، ويسبب إجهاضًا للأجنة، ومع ذلك يوجد تضاعف صبغي في بعض خلايا الكبد والبنكرياس.

٢ التغير في تركيب الصبغيات

* يحدث نتيجة تغيير ترتيب الجينات على نفس الصبغي، بسبب :

١ انفصال قطعة من الصبغي أثناء الانقسام والتفافها حول نفسها بمقدار ١٨٠° والتحامها في الوضع المقلوب على نفس الصبغي.

٢ تبادل أجزاء من صبغيات غير متماثلة.

٣ زيادة أو نقص جزء صغير من الصبغي.

تذكر أن

تبادل بعض الأجزاء بين الصبغيات المتماثلة أثناء الانقسام الميوزي يطلق عليه عبور وراثي والذي قد يؤدي إلى تباين (اختلاف) الصفات الوراثية.

رابعًا تبعًا لمكان حدوث الطفرة

الطفرات المشيجية	الطفرات الجسمية
* تحدث في الخلايا التناسلية (الأمشاج).	* تحدث في الخلايا الجسدية (الجسمية).
* تظهر كصفات جديدة على الجنين الناتج.	* تظهر كأعراض مفاجئة على العضو الذي تحدث بخلاياه.
* تتم في الكائنات الحية التي تتكاثر تزاوجيًا.	* أكثر شيوعًا في النباتات التي تتكاثر خضريًا حيث ينشأ فرع جديد من النبات العادي يحمل صفات مختلفة عن النبات الأم، ويمكن فصل هذا الفرع وإكثاره خضريًا إذا كانت الصفة الجديدة مرغوب فيها.

خامسًا تبعًا لمنشأ الطفرة

أ طفرة تلقائية

* تحدث دون تدخل الإنسان وهى نادرة الحدوث فى جميع الكائنات الحية.
* **سبب حدوثها :** تأثيرات البيئة المحيطة بالكائن الحى، مثل :
  - الأشعة فوق البنفسجية. - الأشعة الكونية. - المركبات الكيميائية.
* **أهميتها :** تلعب الطفرة التلقائية دورًا هامًا فى عملية تطور الأحياء.

ب طفرة مستحدثة

* تحدث بتدخل الإنسان للحصول على صفات مرغوبة فى كائنات معينة.
* **يستخدم الإنسان لعمل الطفرات المستحدثة :**
  - **عوامل طبيعية مثل :** • أشعة إكس. • أشعة جاما. • الأشعة فوق البنفسجية.
  - **مواد كيميائية مثل :** • غاز الخردل. • حمض النيتروز. • مادة الكولشيسين.

فعند معالجة النباتات بهذه المواد تضمر خلايا القمة النامية وتموت ليتجدد تحتها أنسجة جديدة تحتوى خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات.

أضف إلى معلوماتك

تمنع مادة الكولشيسين تكوين خيوط المغزل الضرورية لعملية انفصال الكروموسومات أثناء الطور الانفصالى فى الانقسام الميوزى الأول فينتج تعدد للكروموسومات فى الخلايا الناتجة.

* أغلب الطفرات المستحدثة تحمل صفات غير مرغوبة، غير أن الإنسان ينتقى منها ما هو نافع.
* **من أمثلة الطفرات المستحدثة المرغوب فيها :**

1. استحداث طفرات تؤدى إلى تكوين أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة حلوة المذاق وخالية من البذور.
2. استحداث طفرات لكائنات دقيقة كالبنسليوم، لها القدرة على إنتاج كميات كبيرة من المضادات الحيوية (مثل البنسلين).

أسئلة الدرس انظر كتاب الأسئلة

الباب الثانى

البيولوچيا الجزيئية

الفصل 2

الأحماض النووية وتخليق البروتين

الدرس الأول RNA وتخليق البروتين.

الدرس الثانى التكنولوچيا الجزيئية «الهندسة الوراثية».

أهداف الفصل :

في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف أنواع البروتينات.
- يتعرف تركيب الحمض النووى RNA
- يقارن بين أنواع الحمض النووى RNA الثلاثة : (الرسول ، الريبوسومى ، الناقل).
- يتعرف خطوات تخليق البروتين.
- يتعرف تقنيات التكنولوچيا الجزيئية الحديثة.
- يتعرف أهمية الچينوم البشرى فى مجال صناعة العقاقير.
- يقدر عظمة الخالق فيما يتعلق بالمعلومات الوراثية ودورها فى تمييز البشر بصفات تختلف من فرد لآخر.



الفصل 2 | الدرس الأول

RNA وتخليق البروتين

أنواع البروتينات

* يدخل في تركيب أجسام الكائنات الحية آلاف الأنواع من البروتينات

والتي يمكن تقسيمها إلى نوعين رئيسيين، هما :

١ البروتينات التركيبية Structural Proteins

* هي البروتينات التي تدخل في تراكيب محددة في الكائن الحي.

من أمثلتها

* **الأكتين والميوسين** : اللذان يدخلان في تركيب العضلات وغيرها من أعضاء الحركة.
* **الكولاچين** : الذي يدخل في تركيب بعض الأنسجة الضامة (كالأربطة والأوتار).
* **الكيراتين** : الذي يُكون الأغطية الواقية كالجلد والشعر والحوافر والقرون والريش وغيرها.

٢ البروتينات التنظيمية Regulatory Proteins

* هي البروتينات التي تنظم العديد من العمليات والأنشطة الحيوية في الكائن الحي.

من أمثلتها

* **الإنزيمات** : التي تنشط التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية.
* **الأجسام المضادة** : التي تكسب الجسم المناعة ضد الأجسام الغريبة.
* **الهرمونات وغير ذلك من المواد** : التي تمكن الجسم من الاستجابة للتغيرات المستمرة في بيئته الداخلية والخارجية.

بناء البروتين

* هنـاك خطـة مشـتركة لبنـاء آلاف الأنـواع مـن البروتينـات التى توجـد فى الأنظمـة الحية (أجسام الكائنات الحية).
* يدخل فى تركيب البروتينات ٢٠ نوع من الأحماض الأمينية التى لها تركيب أساسى واحد.
* ترتبـط الأحمـاض الأمينيـة ببعضها البعـض بروابط ببتيدية فى وجود إنزيمـات خاصـة فى تفاعل نـازع للماء لتكوين بوليمر عديد الببتيد الذى يُكون البروتين.

الحمض الأمينى
الوحدة البنائية الأساسية للبروتين.

* **الفروق بين البروتينات المختلفة ترجع الى :**

١ اختلاف أعداد وأنواع وترتيب الأحماض الأمينية فى البوليمرات (عديدات الببتيد).
٢ عدد البوليمرات التى تدخل فى بناء البروتين.
٣ الروابط الهيدروچينية الضعيفة التى قد تعطى الجزىء شكله المميز.

* **تركيب الحمض الأمينى :**

تتصل ذرة الكربون الأولى فى الحمض الأمينى بـ :

- مجموعة كربوكسيل (COOH).
- مجموعة أمين (NH_2).
- ذرة هيدروچين (H).
- مجموعة ألكيل (R) تختلف باختلاف الحمض الأمينى (توجد فى ١٩ حمض أمينى).

$$R-\underset{NH_2}{\overset{H}{C}}-COOH$$

تركيب الحمض الأمينى

ملحوظة

الحمض الأمينى «**الجلايسين**» هو الحمض الوحيد الذى يحتوى على ذرة هيدروچين بدلًا من مجموعة الألكيل.

$$H-\underset{NH_2}{\overset{H}{C}}-COOH$$

الجلايسين

الأحماض النووية الريبوزية (RNAs)

* هناك أوجه تشابه واختلاف بين جزيء DNA وجزيء RNA، ويتضح ذلك من الجدول التالي :

DNA	RNA
أوجه التشابه	
١ يتكون كل منهما من سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكليوتيدات.	
٢ تتكون كل نيوكليوتيدة من : – سكر خماسي. – قاعدة نيتروچينية. – مجموعة فوسفات.	
٣ ترتبط مجموعة الفوسفات بذرة الكربون رقم (5) فى جزيء سكر إحدى النيوكليوتيدات وبذرة الكربون رقم (3) فى جزيء سكر النيوكليوتيدة السابقة ليتكون هيكل سكر فوسفات.	
أوجه الاختلاف	
١ نوع السكر الخماسى	
* سكر الديوكسى ريبوز «الذى يحتوى على ذرة أكسچين أقل من سكر الريبوز». (سكر ينقصه ذرة أكسچين عن سكر الريبوز).	* سكر الريبوز.
٢ القواعد النيتروچينية	
* البيورينات : (A أدينين – G جوانين).	* البيورينات : (A أدينين – G جوانين).
* البيريميدينات : (T ثايمين – C سيتوزين).	* البيريميدينات : (U يوراسيل – C سيتوزين).
٣ عدد الأشرطة	
* شريط مزدوج (شريطين متكاملين) من النيوكليوتيدات.	* شريط مفرد من النيوكليوتيدات، ولكنه قد يكون مزدوج فى بعض أجزائه.
٤ مكان وجوده	
* يوجد داخل النواة.	* ينتقل من النواة إلى السيتوبلازم.
٥ الثبات	
* ثابت بشكل واضح فى الخلية (لا يتحلل).	* يتم هدمه وإعادة بنائه باستمرار.
٦ الأنواع	
* نوع واحد فقط.	* ثلاثة أنواع أساسية تسهم فى بناء البروتين (الرسول «mRNA»، الريبوسومى «rRNA»، الناقل «tRNA»).

أنواع الأحماض النووية الريبوزية (RNAs)

* **هناك ثلاثة أنواع من الحمض النووى RNA تساهم فى بناء البروتين، وهى :**

أ حمض RNA الرسول. ب حمض RNA الريبوسومى. جـ حمض RNA الناقل.

أ حمض RNA الرسول (mRNA)

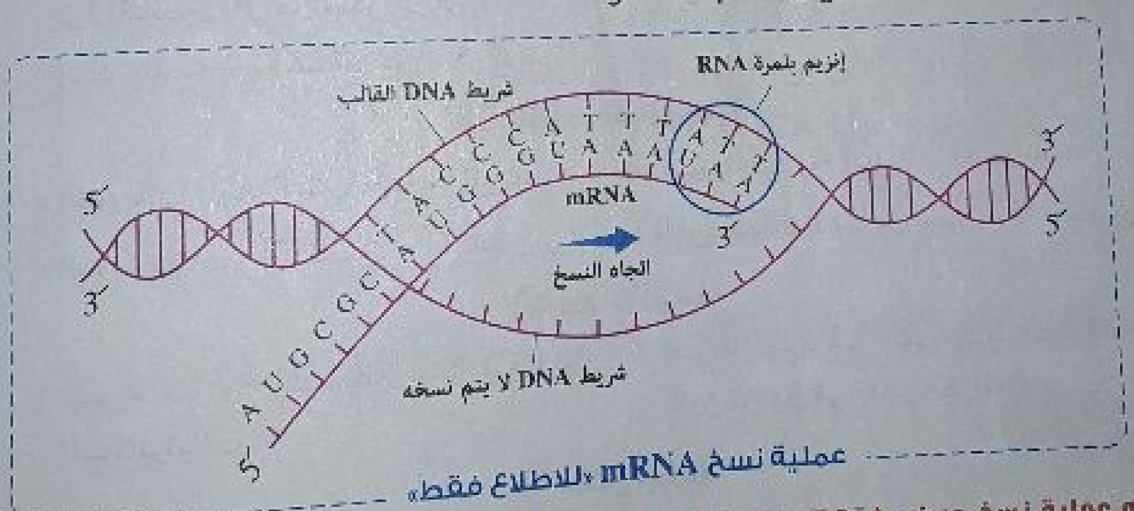
* **نسخ حمض RNA الرسول :**

المحفز : تتابع للنيوكليوتيدات على DNA يوجه إنزيم بلمرة mRNA إلى الشريط الذى سينسخ منه mRNA

١ يُنسخ mRNA من أحد شريطى DNA بارتباط إنزيم بلمرة RNA (RNA-polymerase) بتتابع للنيوكليوتيدات على DNA يسمى «المحفز».

٢ ينفصل شريطا DNA عن بعضهما حيث يعمل أحدهما كقالب لبناء mRNA ويكون القالب فى اتجاه ($3' \leftarrow 5'$) فيقوم الإنزيم ببناء mRNA فى اتجاه ($5' \leftarrow 3'$).

٣ يتحرك الإنزيم على امتداد جزىء DNA حيث يتم ربط الريبونيوكليوتيدات المتكاملة إلى شريط mRNA النامى واحدًا بعد الآخر.



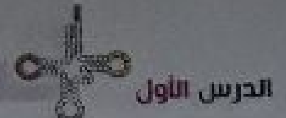
عملية نسخ mRNA «للاطلاع فقط»

* **تشبه عملية نسخ حمض mRNA عملية تضاعف DNA فيماعدا :**

تضاعف DNA لا يقف إلا بعد نسخ كل DNA فى الخلية، بينما فى حالة RNA يتم نسخ جزء فقط من DNA (الذى يحمل الچين).

وحيث إن جزىء DNA مزدوج الشريط **فمن الناحية النظرية** يمكن لأى جزء منه أن يُنسخ إلى جزئين مختلفين من RNA يتكامل كل منهما مع أحد الشريطين.

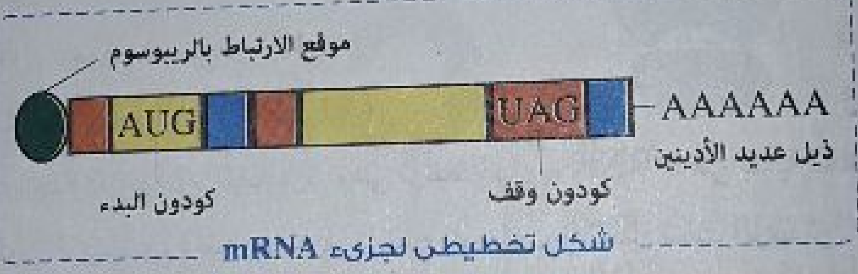
إلا أن ما يحدث فى الواقع هو أن نسخ RNA يتم من خلال شريط واحد فقط من DNA هو الذى يتم نسخ قطعة منه ويدل توجيه المحفز على الشريط الذى سينسخ.



* تختلف عملية نسخ mRNA وترجمته إلى البروتين المقابل فى أوليات النواة عن حقيقيات النواة، كالتالى :

نسخ وترجمة mRNA فى أوليات النواة	نسخ وترجمة mRNA فى حقيقيات النواة
* يوجد إنزيم بلمرة RNA واحد ينسخ أنواع حمض RNA الثلاثة.	* يوجد إنزيم بلمرة RNA خاص لنسخ كل نوع من أنواع حمض RNA الثلاثة.
* يتم ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل بمجرد بنائه من DNA حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA وتبدأ فى ترجمته إلى بروتين، بينما يكون الطرف الآخر لجزىء mRNA مازال فى مرحلة البناء على DNA القالب.	* لا يتم ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل إلا بعد الانتهاء من بناء mRNA كاملًا فى النواة وانتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقوب الغشاء النووى.

* تركيب جزىء mRNA :



شكل تخطيطى لجزىء mRNA

– **يوجد فى بداية جزىء mRNA** : موقع الارتباط بالريبوسوم وهو تتابع للنيوكليوتيدات يرتبط بالريبوسوم حيث يصبح أول كودون (كودون البدء) AUG متجهًا لأعلى وهو الوضع الصحيح للترجمة.

– **يوجد فى نهاية جزىء mRNA** :

① **كودون الوقف** ويكون واحد من ثلاثة كودونات، هى (UAA ، UAG ، UGA).

② **ذيل عديد الأدينين** :
- يتكون من حوالى ٢٠٠ أدينوزين، وهو لا يمثل شفرة.
- **وظيفته** : يعمل على حماية mRNA من التحلل بواسطة الإنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم.

أضف إلى معلوماتك

الأدينوزين هو قاعدة أدينين مرتبطة بسكر الريبوز ولكنه ليس نيوكليوتيدة لعدم احتوائه على مجموعة فوسفات.

ب حمض RNA الريبوسومى (rRNA)

* **وظيفة حمض rRNA :**

يدخل أربعة أنواع مختلفة من حمض rRNA مع حوالى ٧٠ نوعًا من عديد الببتيد فى بناء **الريبوسومات** (عضيات بناء البروتين فى الخلية).

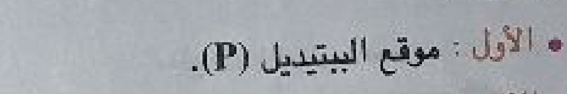
* **بناء الريبوسومات فى حقيقيات النواة :**

– يتم بناء الريبوسومات فى حقيقيات النواة فى **النوية** (منطقة داخل النواة).

– يتم بناء آلاف من الريبوسومات فى الساعة فى خلايا حقيقيات النواة (أى بمعدل سريع) وذلك لأن DNA فى خلايا حقيقيات النواة يحتوى على أكثر من ٦٠٠ نسخة من جينات RNA الريبوسومى الذى يشترك فى بناء الريبوسومات التى تحتاج إليها الخلايا بكثرة.

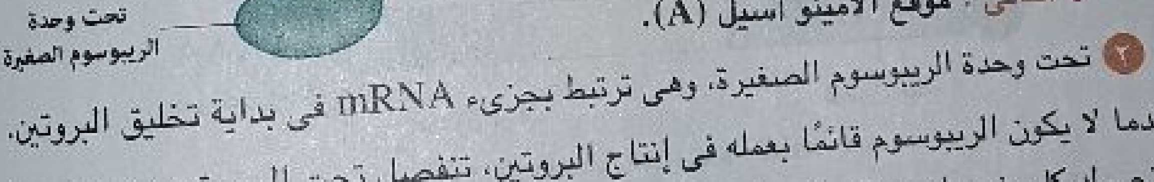
– **يتكون الريبوسوم الوظيفى من تحت وحدتين Subunits :**

١ تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة، وهى تحتوى على موقعين :



• **الأول :** موقع الببتيديل (P).

• **الثانى :** موقع الأمينو أسيل (A).



٢ تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة، وهى ترتبط بجزىء mRNA فى بداية تخليق البروتين.

* عندما لا يكون الريبوسوم قائمًا بعمله فى إنتاج البروتين، تنفصل تحت الوحدتين عن بعضهما ويتحرك كل منهما بحرية، وقد يرتبط كل منهما بتحت وحدة أخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة أخرى.

* يتم بناء البروتينات التى تدخل فى تركيب الريبوسومات فى السيتوبلازم ثم تنتقل عبر الغشاء النووى إلى داخل النواة حيث يكون كل من rRNA وعديدات الببتيد تحت وحدتا الريبوسوم.

* أثناء عملية بناء البروتين يحدث تداخل بين mRNA وrRNA

جـ حمض RNA الناقل (tRNA)

* **وظيفة حمض tRNA :**

يقوم حمض tRNA بنقل الأحماض الأمينية إلى الريبوسومات أثناء تكوين البروتين حيث يكون لكل حمض أمينى نوع خاص من tRNA يقوم بالتعرف عليه ثم نقله.

ملحوظة

الأحماض الأمينية التى لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع من tRNA، لذا يكون عدد tRNA أكثر من عشرين.

- **نسخ tRNA :**

ينسخ tRNA من چينات tRNA الموجودة على شكل تجمعات من (٧ – ٨) چينات على نفس الجزء من جزئ DNA

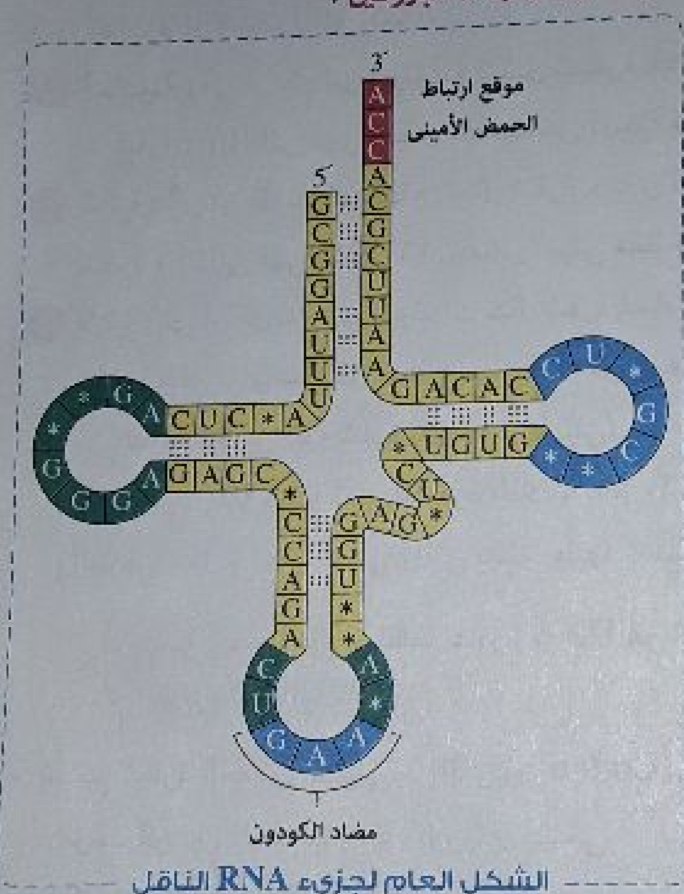
- **الشكل العام لجزئ tRNA :**

- لكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام حيث تلتف أجزاء من الجزئ لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بازدواج القواعد فى مناطق مختلفة من الجزئ.

- **يوجد موقعان على جزئ tRNA لهما دور فى بناء البروتين :**

- **الأول** : موقع اتحاد الجزئ بالحمض الأمينى الخاص به، ويتكون من ثلاث قواعد CCA عند الطرف 3َ من الجزئ.

- **الثانى** : موقع مقابل (مضاد) **الكودون** الذى تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA والريبوسوم حيث يحدث ارتباط مؤقت بين tRNA و mRNA مما يسمح للحمض الأمينى المحمول على tRNA أن يدخل فى المكان المحدد فى سلسلة عديد الببتيد.



الشكل العام لجزئ RNA الناقل

The Genetic Code الشفرة الوراثية

- **الشفرة الوراثية**

تتابع النيوكليوتيدات فى ثلاثيات على mRNA والتى تم نسخها من أحد شريطى DNA

* ينتقل mRNA إلى الريبوسوم حيث يترجم إلى تتابع للأحماض الأمينية فى سلسلة عديد الببتيد الذى يُكون بروتينًا معينًا.

عدد النيوكليوتيدات التى تكون شفرة الحمض الأمينى

* لقد سبق وعرفنا أن :

- عدد الأحماض الأمينية ٢٠ نوعًا.
- عدد النيوكليوتيدات التى تدخل فى بناء RNA ، DNA أربعة أنواع، ولأن النيوكليوتيدات هى التى تشكل شفرات الأحماض الأمينية لذا يجب أن تشكل على الأقل ٢٠ شفرة مختلفة (تدل على العشرين نوعًا من الأحماض الأمينية).

فإذا اعتبرنا أن الشفرة الوراثية :

١ **أحادية** : أى أن كل نيوكليوتيدة تمثل شفرة حمض أمينى معين فتكون عدد الشفرات ٤ شفرات وبالتالى فهى تشكل ٤ أحماض أمينية فقط **(وهذا لا يصلح)**.

٢ **ثنائية** : أى أن كل نيوكليوتيدتين تمثل شفرة حمض أمينى معين فتكون عدد الشفرات $٤^٢$ = ١٦ شفرة وبالتالى فهى تشكل ١٦ حمض أمينى فقط **(وهذا لا يصلح)**.

٣ **ثلاثية** : أى أن كل ثلاث نيوكليوتيدات تمثل شفرة حمض أمينى معين فتكون عدد الشفرات $٤^٣$ = ٦٤ شفرة وبالتالى يصبح لكل حمض أمينى أكثر من شفرة (ماعدا الميثيونين) **(وهذا يصلح فهو أكثر من الحاجة لتكوين كلمة شفرة لكل حمض أمينى)**.

وقد توفرت أدلة كافية تؤيد الشفرة الثلاثية عام ١٩٦٠م، إلا أنه قد تم الوصول إلى الشفرات الخاصة بكل حمض أمينى والتى يطلق عليها اسم كودونات عام ١٩٦٥م

∵ أصغر حجم نظرى لكلمة شفرة DNA هو ثلاث نيوكليوتيدات.
∴ الشفرة الوراثية ثلاثية.

* تسمى شفرة الحمض الأمينى بـ «**الكودون Codon**».

- يوجد كودون واحد لبدء بناء البروتين يسمى «**كودون البدء**» وهو (AUG).
- يوجد ثلاثة كودونات توقف بناء البروتين تسمى «**كودونات الوقف**» وهى (UAA ، UAG ، UGA) حيث تعطى هذه الكودونات إشارة عند النقطة التى تقف عندها آلية بناء البروتين وتنتهى سلسلة عديد الببتيد.

> **الكودون**
> شفرة وراثية تتكون من ثلاثة نيوكليوتيدات على شريط mRNA

* **الشفرة الوراثية عالمية أو عامة لأن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية فى** جميع أنواع الكائنات الحية (الفيروسات، البكتيريا، الفطريات، النباتات، الحيوانات) وهذا دليل قوى على أن جميع الكائنات الحية الموجودة على سطح الأرض نشأت عن أسلاف مشتركة.

جدول الشفرات «للاطلاع فقط»

القاعدة الأولى	القاعدة الثانية				القاعدة الثالثة
	U	C	A	G	
U	UUU Phenylalanine	UCU Serine	UAU Tyrosine	UGU Cysteine	U
	UUC Phenylalanine	UCC Serine	UAC Tyrosine	UGC Cysteine	C
	UUA Leucine	UCA Serine	UAA STOP	UGA STOP	A
	UUG Leucine	UCG Serine	UAG STOP	UGG Tryptophan	G
C	CUU Leucine	CCU Proline	CAU Histidine	CGU Arginine	U
	CUC Leucine	CCC Proline	CAC Histidine	CGC Arginine	C
	CUA Leucine	CCA Proline	CAA Glutamine	CGA Arginine	A
	CUG Leucine	CCG Proline	CAG Glutamine	CGG Arginine	G
A	AUU Isoleucine	ACU Threonine	AAU Asparagine	AGU Serine	U
	AUC Isoleucine	ACC Threonine	AAC Asparagine	AGC Serine	C
	AUA Isoleucine	ACA Threonine	AAA Lysine	AGA Arginine	A
	AUG (START) Methionine	ACG Threonine	AAG Lysine	AGG Arginine	G
G	GUU Valine	GCU Alanine	GAU Asparagine	GGU Glycine	U
	GUC Valine	GCC Alanine	GAC Asparagine	GGC Glycine	C
	GUA Valine	GCA Alanine	GAA Glutamic acid	GGA Glycine	A
	GUG Valine	GCG Alanine	GAG Glutamic acid	GGG Glycine	G

ملحوظة

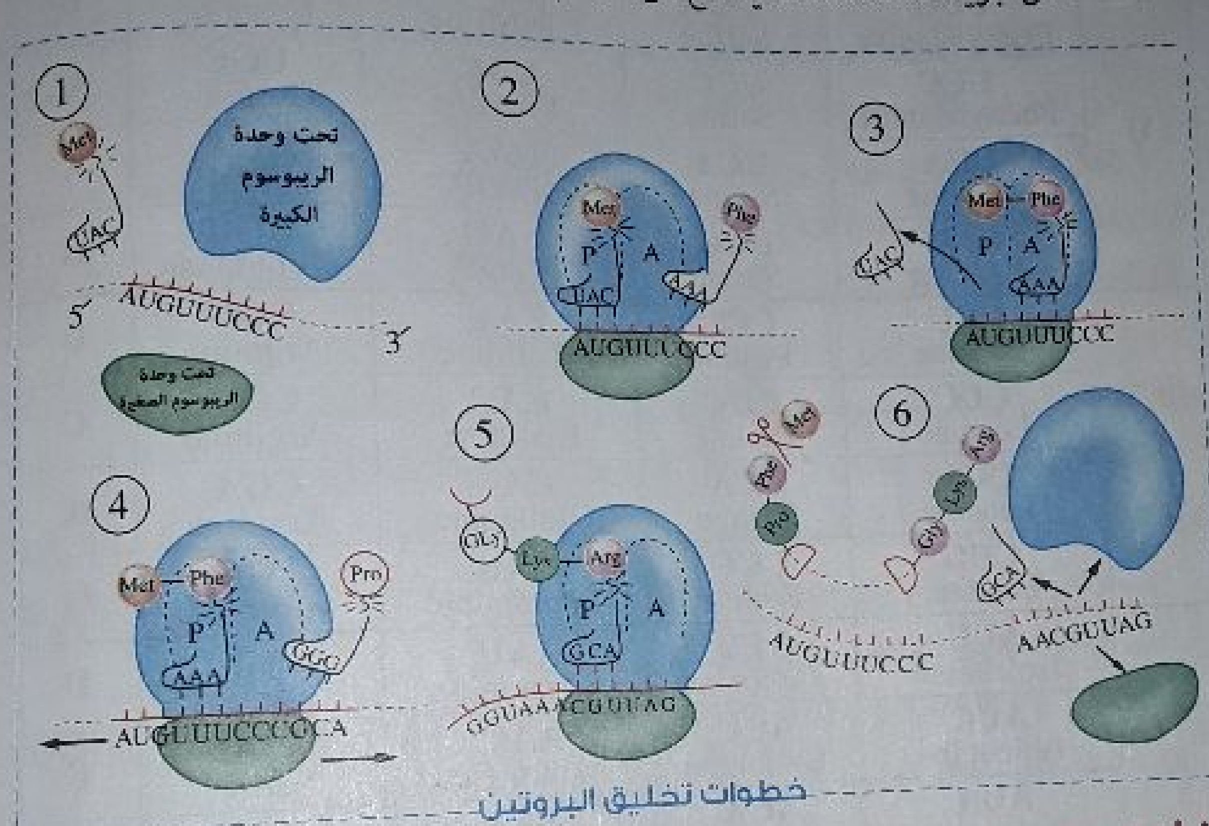
الكودونات الموجودة فى الجدول السابق هى التى توجد فى mRNA أما كودونات DNA فهى النيوكليوتيدات التى تتكامل قواعدها مع الكودونات الموجودة بالجدول.





تخليق البروتين Protein Synthesis

* عملية تخليق البروتين عملية معقدة تتضمن تداخل الأنواع المختلفة من جزيئات RNA كما يتضح من الرسم التالى :



خطوات تخليق البروتين

أضف إلى معلوماتك

المقص الموجود بالرسم يشير إلى أن الحمض الأمينى الأول (الميثيونين) يُزال لاحقًا أثناء عملية الترجمة.

* يتم تخليق البروتين على ثلاث مراحل رئيسية كالتالى :

أولا بدء عملية الترجمة

1. ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة بجزىء mRNA من جهة الطرف 5´ بحيث يكون أول كودون به AUG متجهًا إلى أعلى.
2. تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزىء tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG وبذلك يصبح حمض **الميثيونين** أول حمض أمينى فى سلسلة عديد الببتيد التى ستبنى.
3. ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة بالمركب السابق (تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة + tRNA + mRNA) وعندئذ تبدأ تفاعلات بناء البروتين.



ملاحظات

(١) يوجد على الريبوسوم موقعان (موقع الببتيديل (P) وموقع أمينو أسيل (A)) يمكن أن ترتبط بهما جزيئات **tRNA**

(٢) الميثيونين هو أول حمض أميني في سلسلة عديد الببتيد لأن أول كودون على mRNA هو AUG ويمثل شفرة الحمض الأميني الميثيونين وهو يوجد عند موقع الببتيديل (P).

ثانيًا استطالة سلسلة عديد الببتيد

* تبدأ سلسلة عديد الببتيد في الاستطالة في دورة تتكون من ثلاث خطوات :

١ يرتبط مضاد كودون tRNA آخر بالكودون التالي على جزيء mRNA في موقع الأمينو أسيل (A) حاملًا الحمض الأميني الثاني في سلسلة عديد الببتيد.

٢ - يحدث تفاعل نقل الببتيديل الذي ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين الحمض الأميني الأول والثاني بمساعدة إنزيم منشط للتفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة.

- يصبح tRNA الأول فارغًا ويترك الريبوسوم وقد يلتقط ميثيونينًا آخر، أما tRNA الآخر يحمل الحمضين الأمينيين معًا.

> **تفاعل نقل الببتيديل**
> تفاعل كيميائي يحدث في تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة وينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين حمض أميني والحمض الذي يليه بمساعدة إنزيم منشط للتفاعل.

٣ - يتحرك الريبوسوم على امتداد mRNA بحيث يصبح الموقع (A) خالي ويصبح الحمض الأميني الثاني أمام الموقع (P) على الريبوسوم.

- تبدأ الدورة مرة أخرى حيث يرتبط مضاد كودون على tRNA مناسب بكودون mRNA جالبًا الحمض الأميني الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع (A).

- ترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأميني الجديد القادم على جزيء tRNA الثالث ثم يتكرر التتابع.

ثالثاً توقف عملية بناء البروتين

١ تقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى كودون وقف على mRNA حيث يرتبط **عامل الإطلاق** بكودون الوقف مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل تحت وحدتا الريبوسوم عن بعضهما البعض.

٢ بمجرد أن يبرز الطرف ´5 لجزيء mRNA من الريبوسوم يرتبط به تحت وحدة ريبوسوم صغيرة أخرى لتبدأ دورة أخرى في بناء البروتين.

عامل الإطلاق

بروتين يرتبط بكودون الوقف على جزيء mRNA مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل تحت وحدتا الريبوسوم عن بعضهما البعض وتتحرر سلسلة عديد الببتيد المتكونة.

ملحوظة

عادةً ما يتصل بجزيء mRNA عدد من الريبوسومات (قد يصل إلى ١٠٠ ريبوسوم) حيث يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA فيسمى عندئذ عديد الريبوسوم.

عديد الريبوسوم

اتصال جزيء mRNA واحد بعدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة ريبوسوم يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA

★ مما سبق يمكن استنتاج بعض الإرشادات والتطبيقات لحل المسائل :

★ تحتوى كل نيوكليوتيدة على قاعدة نيتروجينية واحدة، وبالتالى فإن عدد النيوكليوتيدات فى جزىء DNA يكون مساوٍ لعدد القواعد النيتروجينية به.

★ فى جزىء DNA :

- عدد النيوكليوتيدات المحتوية على قاعدة الأدينين (A) تساوى عدد النيوكليوتيدات المحتوية على قاعدة الثايمين (T) **A = T** وترتبط قاعدة الأدينين (A) مع قاعدة الثايمين (T) برابطتين هيدروجينيتين **T :::: A**
- عدد النيوكليوتيدات المحتوية على قاعدة الجوانين (G) تساوى عدد النيوكليوتيدات المحتوية على قاعدة السيتوزين (C) **G = C** وترتبط قاعدة الجوانين (G) مع قاعدة السيتوزين (C) بثلاث روابط هيدروجينية **C :::::: G**
- مجموع القواعد النيتروجينية البيورينية تساوى مجموع القواعد النيتروجينية البيريميدينية **A + G = C + T**

★ تتكون كل لفة على اللولب المزدوج لجزىء DNA من ٢٠ نيوكليوتيدة (١٠ نيوكليوتيدات على كل شريط).

★ فى شريط mRNA، توجد القاعدة النيتروجينية اليوراسيل (U) بدلا من القاعدة النيتروجينية الثايمين (T) الموجودة فى DNA ،

لذلك فعند نسخ شريط mRNA من شريط DNA ، فإن :

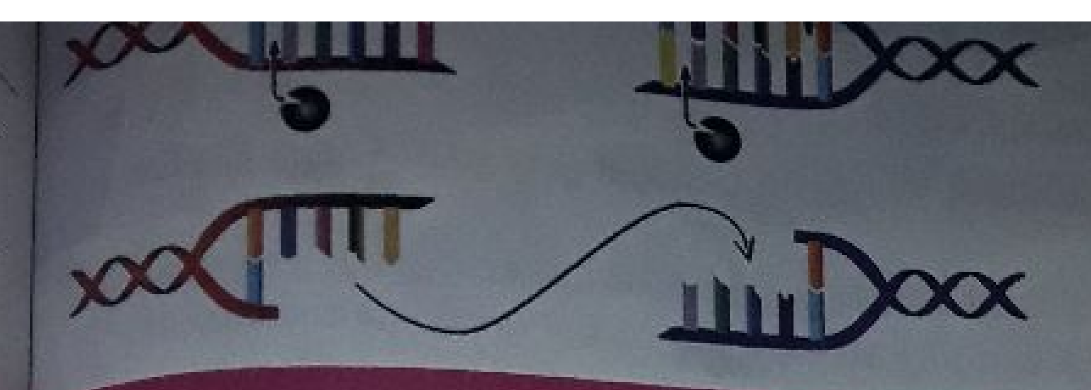
- قاعدة الأدينين (A) فى شريط DNA تتزاوج معها قاعدة اليوراسيل (U) فى RNA
- قاعدة الجوانين (G) فى شريط DNA تتزاوج معها قاعدة السيتوزين (C) فى RNA
- قاعدة السيتوزين (C) فى شريط DNA تتزاوج معها قاعدة الجوانين (G) فى RNA
- قاعدة الثايمين (T) فى شريط DNA تتزاوج معها قاعدة الأدينين (A) فى RNA

★ عند نسخ حمض mRNA من شريط DNA لابد أن يكون شريط DNA القالب فى اتجاه (´3 ← ´5) بحيث يكون شريط mRNA الذى يتم بناؤه فى اتجاه (´5 ← ´3).

★ الكودون يتكون من ٣ نيوكليوتيدات على شريط mRNA، وبالتالى يكون

$$\text{عدد الكودونات} = \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات mRNA}}{٣}$$

أسئلة الدرس انظر كتاب الأسئلة



الفصل 2 | الدرس الثانى

التكنولوچيا الجزيئية «الهندسة الوراثية»

أهم إنجازات التكنولوچيا الجزيئية «الهندسة الوراثية»

* أدى التقدم فى معرفة تركيب الچين (علم الچينات) وكيفية تخليق البروتين إلى إمكانية :

١ عزل چين مرغوب فيه وتكوين ملايين النسخ منه داخل خلية بكتيرية أو خلية الخميرة.

٢ تحليل أى چين لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات فيه.

٣ إجراء مقارنة بين تركيب چينات نفس الفرد أو چينات أفراد مختلفة.

٤ معرفة تتابع الأحماض الأمينية فى أى بروتين من خلال معرفة تتابع النيوكليوتيدات فى الچين.

٥ نقل چينات وظيفية من خلايا إلى خلايا أخرى (نباتية أو حيوانية).

٦ بناء جزيئات DNA حسب الطلب، ففى عام ١٩٧٩م قام العالم خورانا **Khorana** بإنتاج چين صناعى وإدخاله إلى داخل خلية بكتيرية.

٧ إنتاج شرائط قصيرة من DNA تحتوى على تتابع النيوكليوتيدات الذى نرغب فيه، عن طريق برمجة النظم الچينية الموجودة فى العديد من المعامل.

٨ استخدام DNA المُعد صناعيًا فى تجارب تخليق البروتين.

٩ معرفة تأثير الأحماض الأمينية على وظيفة البروتين عن طريق تغيير الشفرة لاستبدال حمض أمينى بحمض أمينى آخر.

تقنيات التكنولوچيا الجزيئية

تهجين الحمض النووى

* الأساس العلمى لتهجين الحمض النووى :

– عند رفع درجة حرارة جزىء DNA إلى ١٠٠°م تتكسر الروابط الهيدروچينية التى تربط القواعد النيتروچينية فى شريطى اللولب المزدوج ويتكون شريطان مفردان غير ثابتين.

– عند خفض درجة حرارة جزىء DNA تتزاوج الأشرطة المفردة ببعضها لتكوين لولب مزدوج من جديد حيث إنها تميل إلى الوصول لحالة الثبات.

- أى شريطين مفردين من DNA أو RNA يمكنهما تكوين شريط مزدوج إذا وجد بينهما تتابعات ولو قصيرة من القواعد المتكاملة.
- تتوقف شدة الالتصاق بين الشريطين على درجة التكامل بين تتابعات قواعدهما النيتروجينية ويمكن قياس شدة الالتصاق بين الشريطين بمقدار الحرارة اللازمة لفصل الشريطين عن بعضهما مرة أخرى، فكلما زادت درجة الحرارة اللازمة لفصلهما دل ذلك على شدة التصاق الشريطين وهذا معناه أن هناك تكاملاً أكبر بين القواعد النيتروجينية.
- يمكن استخدام قدرة الشريط المفرد لـ DNA أو RNA على الالتصاق طويلاً فى إنتاج لولب مزدوج هجين.

* كيفية تكوين DNA المهجن :

خطوات إنتاج لولب مزدوج هجين من DNA :

1. تمزج أحماض نووية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية).
2. ترفع درجة حرارة المزيج إلى ١٠٠°م فتنفصل جزيئات DNA إلى أشرطة مفردة.
3. يترك الخليط ليبرد فيحدث ازدواج للقواعد النيتروجينية المتكاملة بين الشرائط فتتكون بعض اللوالب المزدوجة الأصلية بالإضافة إلى عدد من اللوالب المزدوجة المهجنة (DNA مهجن) التى يتكون كل منها من شريط من كلا المصدرين.

DNA المهجن
لولب مزدوج يتكون من شريطين أحدهما من كائن حى والشريط المتكامل معه من كائن حى آخر.

* استخدامات DNA المهجن :

1. **الكشف عن وجود چين معين وتحديد كميته داخل المحتوى الچينى لعينة ما، ويتم ذلك كالتالى :**

(أ) يُحضر شريط مفرد لتتابعات النيوكليوتيدات يتكامل مع أحد أشرطة الچين محل الدراسة وذلك باستخدام نظائر مشعة (حتى يسهل التعرف عليه بعد ذلك).

(ب) يُخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة.

(جـ) تُرفع درجة الحرارة إلى ١٠٠°م ثم يترك الخليط ليبرد بهدف الحصول على DNA هجين (أحد الشريطين طبيعى والشريط المتكامل معه صناعى مشع).

(د) نستدل على وجود الچين وكميته فى الخليط بالسرعة التى تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة.

2. **تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة :**

كلما تشابه تتابع نيوكليوتيدات DNA بين نوعين من الكائنات الحية وزادت درجة التهجين بينهما، كلما كانت العلاقات التطورية بينهما أقرب.



إنزيمات القطع أو القصر البكتيرية

- ساد الاعتقاد بأن الفيروسات التي تنمو داخل سلالات معينة من بكتيريا إيشيريشيا كولاى (*E.coli*) يقتصر نموها على هذه السلالة فقط.
- أرجع العلماء عدم وجود هذه الفيروسات داخل سلالات أخرى من البكتيريا إلى أن هذه السلالات تُكون إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزيء DNA الفيروسي الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة، وأطلق على هذه الإنزيمات اسم **«إنزيمات القصر البكتيرية»**.

إنزيمات القصر

إنزيمات بكتيرية تتعرف على مواقع معينة على جزيء DNA الفيروسي الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة.

- وقد اتضح أن إنزيمات القصر تكون منتشرة في الكائنات الدقيقة حيث تم فصل ما يزيد عن ٢٥٠ نوعًا من هذه الإنزيمات من سلالات بكتيرية مختلفة.

والسؤال الآن : لماذا لا تهاجم هذه الإنزيمات DNA الخاص بالخلية البكتيرية نفسها ؟

لأن البكتيريا التي تحتوي على إنزيمات القصر تُكون إنزيمات معدلة تقوم بإضافة مجموعة ميثيل CH_3 إلى النيوكليوتيدات في مواقع جزيء DNA البكتيري التي تتماثل مع مواقع التعرف على الفيروس مما يجعل DNA البكتيري مقاومًا لتأثير هذه الإنزيمات، وبذلك تحافظ الخلية البكتيرية على مادتها الوراثية (DNA الخاص بها) من التحلل بفعل إنزيمات القصر.

- **كيفية عمل إنزيمات القصر :**

❶ يتعرف كل إنزيم من إنزيمات القصر على تتابع معين للنيوكليوتيدات بشريطي DNA مكون من (٤ : ٧) نيوكليوتيدات يسمى **«موقع التعرف»**.

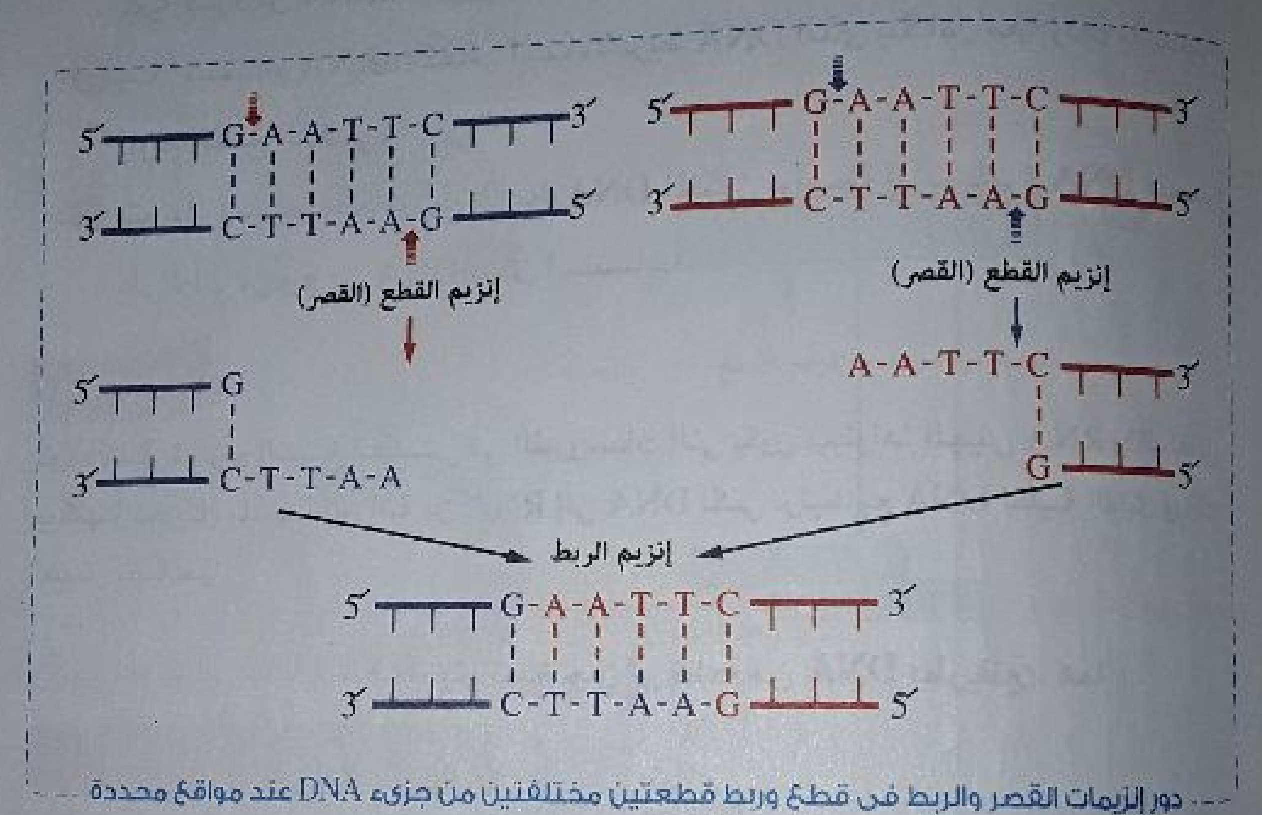
موقع التعرف

تتابع معين مكون من (٤ : ٧) نيوكليوتيدات بشريطي DNA يتعرف عليه إنزيم القصر فيقص جزيء DNA عنده أو بالقرب منه ويكون تتابع القواعد النيتروجينية على أحد الشريطين هو نفسه على الشريط الآخر ($5' \leftarrow 3'$).

❷ يقص الإنزيم جزيء DNA عند أو بالقرب من موقع التعرف بحيث يكون تتابع القواعد النيتروجينية على شريطي DNA عند موقع القطع هو نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط في اتجاه $3'$، ولكل إنزيم قصر القدرة على قطع جزيء DNA بغض النظر عن مصدره (فيروسي أو بكتيري أو نباتي أو حيواني) مادام هذا الجزء يحتوي على نسخة أو أكثر من تتابعات التعرف.

أهمية إنزيمات القصر :

توفر إنزيمات القصر وسيلة لقص DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات تاركة أطراف لاصقة متكاملة (أطراف مائلة مفردة الشريط) يمكن لقواعدها أن تتزاوج مع قواعد أطراف لاصقة لشريط DNA آخر تم معاملته بنفس إنزيمات القصر، ثم يتم ربطهما معًا إلى شريط واحد بواسطة **إنزيم الربط**، وبهذه الطريقة يمكن لصق قطعة معينة من جزيء DNA بقطعة أخرى من جزيء DNA آخر.



دور إنزيمات القصر والربط فى قطع وربط قطعتين مختلفتين من جزيء DNA عند مواقع محددة

استنساخ تتابعات DNA

* **كيفية الحصول على DNA المراد نسخه :** يتم ذلك بطريقتين، هما :

أ فصل DNA من المحتوى الچينى للخلية

* يتم الحصول على المحتوى الچينى للخلية ثم يتم قص DNA بواسطة إنزيمات القصر.
* بهذه الطريقة يتم الحصول من المحتوى الچينى لأحد الثدييات (مثلاً) على ملايين من قطع DNA يمكن لصقها ببلازميدات أو فاج لاستنساخها (مضاعفتها).
* يتم استخدام تقنيات انتقائية مختلفة لعزل تتابع DNA (قطعة DNA) المرغوب فى التعامل معه.

ب استخدام mRNA

* هى الطريقة الأفضل وتتم كالتالى :

١ يتم عزل mRNA من بعض الخلايا التى يكون بها الجين نشطًا مثل : خلايا البنكرياس التى تُكون الأنسولين أو الخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء التى تُكون الهيموجلوبين وذلك لوجود كمية كبيرة من mRNA الذى يحمل الرسالة اللازمة لبناء هذه البروتينات.

٢ يتم استخدام mRNA كقالب لبناء شريط DNA الذى يتكامل معه وذلك باستخدام **إنزيم النسخ العكسى.**

٣ يتم بناء الشريط المتكامل مع شريط DNA المتكون بواسطة إنزيم بلمرة DNA فنحصل على لولب مزدوج من DNA يمكن استنساخه.

ملحوظة

توجد شفرة إنزيم النسخ العكسى فى الفيروسات التى يكون محتواها الجينى RNA وذلك حتى يمكنها تحويل مادتها الوراثية من RNA إلى DNA لكى ترتبط مع DNA لخلية العائل وبذلك تضمن تضاعفها.

* **طرق استنساخ تتابعات DNA : يتم نسخ چين أو قطعة من DNA بطريقتين، هما :**

أ استخدام البلازميد (أو الفاج)

١ يتم عزل DNA (أو الچين) المراد استنساخه ومعاملته بإنزيمات قصر تؤدى إلى قطعه تاركة أطراف لاصقة.

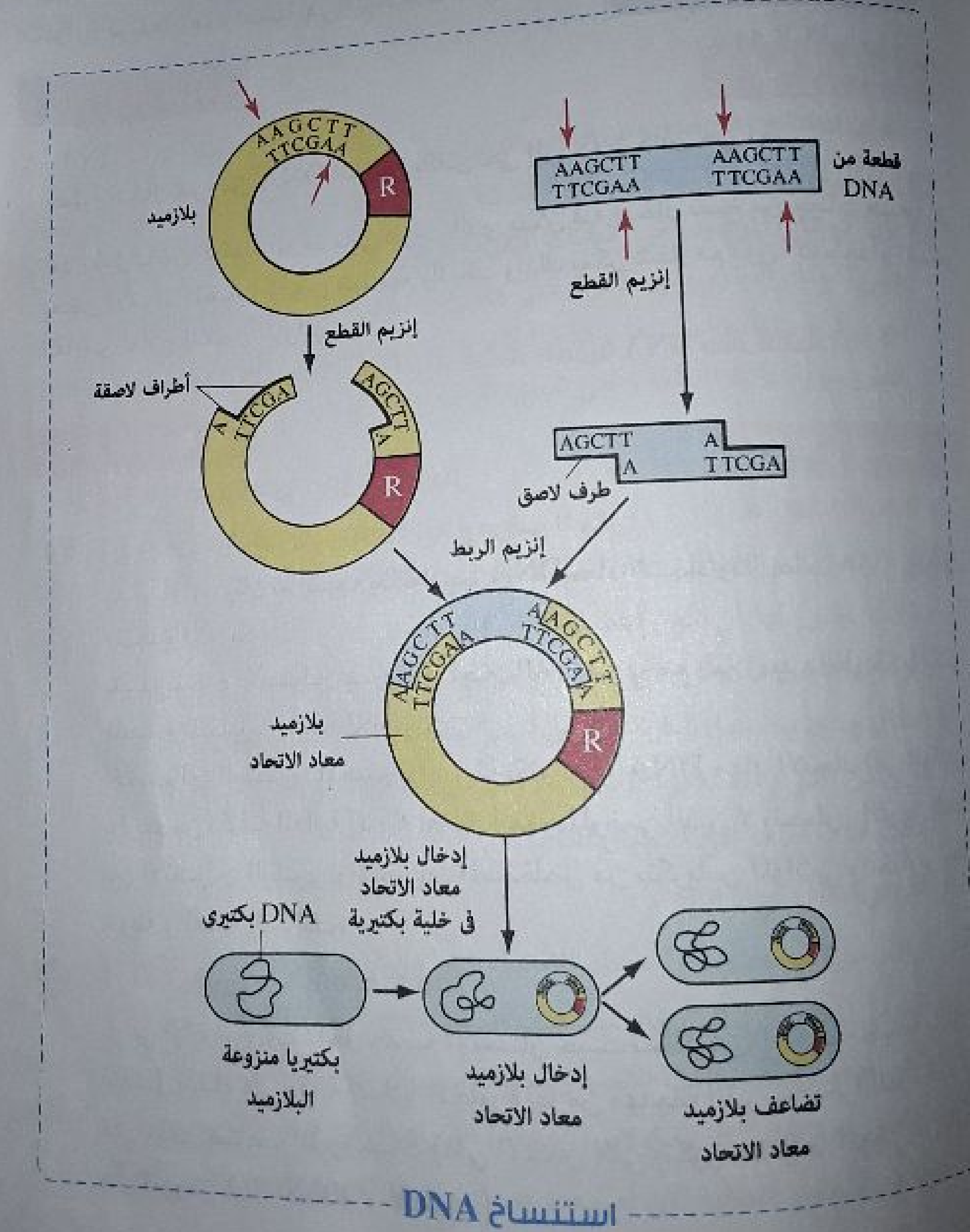
٢ يتم عزل البلازميد من خلايا بكتيرية ومعاملته بنفس إنزيمات القصر السابقة وذلك حتى تتعرف على نفس المواقع وتقوم بالقطع عندها تاركة نفس الأطراف اللاصقة.

٣ يتم خلط قطع DNA وقطع البلازميد فتتزاوج النهايات اللاصقة لـ DNA مع بعض النهايات اللاصقة للبلازميد ثم يتم ربط الاثنين باستخدام إنزيم الربط.

٤ يتم إضافة البلازميد وعليه DNA إلى مزرعة بكتيرية أو خلايا فطر الخميرة التى سبق معاملتها لزيادة نفاذية DNA حيث تدخل بعض البلازميدات إلى داخل الخلايا ومع انقسام الخلية البكتيرية أو خلية الخميرة تتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الچينى للخلية.

⑤ يتم تكسير الخلايا وتحرير البلازميدات ويتم إطلاق قطع DNA (أو الچين) من البلازميدات بمعاملتها بنفس إنزيمات القصر التى سبق استخدامها.

⑥ يتم عـزل قطع DNA (أو الچينات) بالطرد المركـزى المفرق، وبذلك يتم الحصول على كمية كافيـة من قطـع DNA المتماثلة يمكن تحليلها لمعرفة تتابـع النيوكليوتيدات بها أو زراعتها فى خلايا أخرى.



استنساخ DNA

ب استخدام جهاز PCR


جهاز PCR

* يقوم جهاز PCR (Polymerase Chain Reaction) بمضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال دقائق معدودة باستخدام إنزيم «تاك بوليميريز Taq Polymerase» الذى يعمل عند درجة حرارة مرتفعة وهذه التقنية هى المستخدمة حاليًا.

DNA معاد الاتحاد

DNA معاد الاتحاد
عملية إدخال جزء من DNA الخاص بكائن حى إلى خلايا كائن حى آخر.

* لقد تخيل بعض العلماء أنه قد يأتى الوقت الذى يمكن فيه إدخال نسخ من جينات طبيعية إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب وبذلك يمكن شفاؤهم دون الاستخدام المستمر للعقاقير لعلاج النقص الوراثى.

* **التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد (أهمية DNA معاد الاتحاد) :**

أ فى مجال الطب

* **إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجارى، مثل :**

١ إنتاج هرمون الأنسولين البشرى (لعلاج مرضى السكر) :

- يعتبر أول بروتين تم إنتاجه بتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد وذلك عام ١٩٨٢م بالولايات المتحدة الأمريكية.
- يتم إنتاج الأنسولين بزراعة الجين الخاص به مع البلازميد داخل خلايا بكتيرية فتصبح البكتيريا منتجة للأنسولين.
- الأنسولين البشرى المصنع بواسطة تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد (فى البكتيريا) بالرغم من تكلفته العالية إلا أنه أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشرى والأنسولين المستخلص من بنكرياس المواشى والخنازير بعملية طويلة وباهظة التكاليف.

٢ إنتاج الإنترفيرونات Interferones :

- تُبنى الإنترفيرونات داخل جسم الإنسان حيث تنطلق من الخلايا المصابة بالفيروس فتعمل بذلك على وقاية الخلايا المجاورة لها من مهاجمة الفيروس نظرًا لقدرة هذه المواد على وقف تضاعف الفيروسات (على الأخص التى يتكون محتواها الجينى من RNA، مثل فيروس شلل الأطفال والأنفلونزا).

- كان الإنترفيرون الطبى حتى عام ١٩٧٠م يستخلص بصعوبة من خلايا الإنسان لذلك كان نادر الوجود وغالى الثمن، ولقد تمكن الباحثون من إنتاج الإنترفيرون بواسطة البكتيريا حيث تم إدخال ١٥ جينًا بشريًا للإنترفيرون إلى داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبح متوفرًا ورخيص الثمن نسبيًا.
- كان يعتقد العلماء أن الإنترفيرونات تكون مفيدة فى علاج بعض أنواع السرطان، ولكن الدراسات المبدئية لاستخدام الإنترفيرون فى علاج السرطان كانت مخيبة للآمال، وقد يرجع ذلك إلى مشاكل تقنية قد يمكن التغلب عليها فى المستقبل.

ب فى مجال الزراعة

* **قد يتمكن الباحثون الزراعيون فى القريب العاجل من :**

1. إدخال چينات مقاومة للمبيدات العشبية ولبعض الأمراض الهامة لنباتات المحاصيل.
2. عزل الچينات الموجودة فى النباتات البقولية (والتى تُمكنها من استضافة البكتيريا القادرة على تثبيت النيتروچين الجوى فى جذورها) ونقل تلك الچينات إلى نباتات محاصيل أخرى لا تستطيع استيعاب هذه البكتيريا، ومن ثم يمكن الاستغناء عن إضافة الأسمدة النيتروچينية عالية التكلفة والتى تسبب تلويث المياه فى المناطق الزراعية.

جـ فى مجال التجارب والأبحاث

* **لقد تمكن الباحثون من :**

1. زرع چين لون الياقوت الأحمر للعيون من سلالة من ذبابة الفاكهة (الدروسوفيلا) فى خلايا مقرر لها أن تكون أعضاء تكاثرية لجنين من سلالة أخرى وعند نمو الجنين أنتج أفراد لها عيون ذات لون الياقوت الأحمر بدلًا من اللون البنى.
2. إدخال چين يحمل شفرة هرمون النمو من فأر من النوع الكبير (أو من إنسان) إلى فئران من النوع الصغير، فنمت هذه الفئران الصغيرة إلى ضعف حجمها الطبيعى، وقد انتقلت هذه الصفة إلى الأجيال التالية.

* **بعض مخاطر DNA معاد الاتحاد :**

على الرغم من أهمية DNA معاد الاتحاد فى مجالات عديدة إلا أن له مخاطر كثيرة وذلك لأنه من المحتمل أن يتم إدخال چين مسئول عن إنتاج مادة سامة خطرة داخل خلايا بكتيرية وإطلاقها فى العالم، ويُعتقد أن هذا الاحتمال ضعيف فعلى الرغم من أن سلالات البكتيريا المستخدمة فى هذه التجارب هى إيشيريشيا كولاى *(E.coli)* التى تعيش فى أمعاء الإنسان، إلا أن السلالات المستخدمة فى التجارب المعملية الآن أصبحت غير قادرة على الحياة إلا فى أنابيب الاختبار.

الجينوم البشرى

* فى عام ١٩٥٣م أثبت واطسون وكريك أن **الجينات** عبارة عن لولب مزدوج من الحمض النووى DNA
* فى عام ١٩٨٠م ظهرت فكرة الچينوم وكان عدد **الچينات البشرية** التى تعرف عليها العلماء حوالى ٤٥٠ چين.
* فى منتصف الثمانينات تضاعف عدد الچينات البشرية ثلاث مرات ليصل إلى **١٥٠٠ چين**، فبعض هذه الچينات كانت المسببة لزيادة **الكوليسترول** فى الدم (أحد أسباب مرض القلب) وبعضها يمهد للإصابة بالأمراض السرطانية.
* توصل العلماء إلى أن هناك ما بين ٦٠ : **٨٠ ألف چين** فى الإنسان موجودة على ٢٣ زوجًا من الكروموسومات وتعرف المجموعة الكاملة للچينات باسم **الچينوم البشرى** وقد تم اكتشاف أكثر من نصف هذه الچينات حتى الآن.

> **الچينوم البشرى**
> المجموعة الكاملة للچينات الموجودة على كروموسومات الخلية البشرية.

* ترتب الكروموسومات حسب حجمها من رقم (١) : (٢٣) ولا يخضع الكروموسوم (X) لهذا الترتيب فهو يلى الكروموسوم السابع فى الحجم ولكنه يرتب فى نهاية الكروموسومات ويحمل رقم (٢٣) وهذا ما يسمى **بالطرز الكروموسومى**.

* **أمثلة لموضع الچينات (التى تم تحديدها) على الكروموسومات فى الإنسان :**

الچين	چين البصمة	چينات فصائل الدم	* الچين المسئول عن تكوين الأنسولين. * الچين المسئول عن تكوين الهيموجلوبين.	* چين عمى الألوان. * چين الهيموفيليا (سيولة الدم).
موضعه	الكروموسوم الثامن	الكروموسوم التاسع	الكروموسوم الحادى عشر	الكروموسوم (X) رقم (٢٣)

* **استخدامات الچينوم البشرى :**

١. معرفة الچينات المسببة للأمراض الوراثية الشائعة والنادرة.
٢. معرفة الچينات المسببة لعجز بعض الأعضاء عن أداء وظائف الجسم.
٣. الاستفادة منه فى المستقبل في مجال صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.
٤. دراسة تطور الكائنات الحية من خلال مقارنة الچينوم البشرى بغيره من چينات الكائنات الحية الأخرى.
٥. تحسين النسل من خلال التعرف على الچينات المرضية فى الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها.
٦. تحديد خصائص وصفات أى إنسان يعيش على سطح الأرض من خلال فحص خلية جسدية أو حيوان منوى منه، فيمكن من خلال الچينوم البشرى أن نرسم صورة لكل شخص بكل ملامح وجهه.

أسئلة الدرس انظر كتاب الأسئلة

الفهرس

الموضوع	الصفحة
الباب الأول : التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية	
الفصل 1 الدعامة والحركة فى الكائنات الحية.	٦
الدرس الأول : الدعامة فى الكائنات الحية.	٧
الدرس الثانى : الحركة فى الكائنات الحية.	٢٣
الفصل 2 التنسيق الهرمونى فى الكائنات الحية.	٣٧
الدرس الأول : التنسيق الهرمونى فى الكائنات الحية.	٣٨
الدرس الثانى : تابع الغدد فى الإنسان.	٥٢
الفصل 3 التكاثر فى الكائنات الحية.	٦٤
الدرس الأول : طرق التكاثر فى الكائنات الحية.	٦٥
الدرس الثانى : تابع طرق التكاثر فى الكائنات الحية.	٧٧
الدرس الثالث : التكاثر فى النباتات الزهرية.	٨٨
الدرس الرابع : التكاثر فى الإنسان.	١٠٠
الدرس الخامس : تابع التكاثر فى الإنسان.	١١٣
الفصل 4 المناعة فى الكائنات الحية.	١٢٢
الدرس الأول : المناعة فى النبات.	١٢٣
الدرس الثانى : المناعة فى الإنسان.	١٣٠
الدرس الثالث : آلية عمل الجهاز المناعى فى الإنسان.	١٤٢
الباب الثانى : البيولوجيا الجزيئية	
الفصل 1 الحمض النووى DNA والمعلومات الوراثية.	١٥٥
الدرس الأول : جهود العلماء لمعرفة المادة الوراثية للكائن الحى.	١٥٦
الدرس الثانى : الحمض النووى DNA	١٦٣
الدرس الثالث : • DNA فى أوليات وحقيقيات النواة. • تركيب المحتوى الچينى. • الطفرات.	١٧١
الفصل 2 الأحماض النووية وتخليق البروتين.	١٨٢
الدرس الأول : RNA وتخليق البروتين.	١٨٣
الدرس الثانى : التكنولوچيا الجزيئية «الهندسة الوراثية».	١٩٦

تصريح وزارة التربية والتعليم رقم ١٠٤ - ١٤ - ١ - ٢٦٤

الآن بجميع المكتبات

كتب **الامتحان** فى

- الكيمياء • الفيزياء
- التاريخ • الجغرافيا
- اللغة العربية
- الجيولوجيا و العلوم البيئية
- علم النفس و الاجتماع
- الفلسفة وقضايا العصر

كتب الامتحان

لا يخرج عنها أى امتحان

الآن يمكنك مشاهدة شرح بعض أجزاء المنهج عن طريق :

مسح الكود باستخدام الموبايل

الجزء الخاص بالشرح يُصرف مجاناً مع الكتاب







الدولية للطبع والنشر والتوزيع

الفجالة - القاهرة

تليفون : ٢٥٨٨٨٨٦١ - ٢٥٩٠٤٣٢٣ - ٢٥٨٥٥٥٨٥ / ٠٢

www.alemte7anbooks.com

Email : info@alemte7anbooks.com

 /alemte7anseries